

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 05-265547
(43)Date of publication of application : 15.10.1993

(51)Int.Cl. G05D 1/02
B60R 21/00
G06F 15/62
G06F 15/70
G08G 1/16

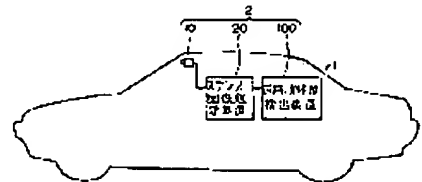
(21)Application number : 04-065347 (71)Applicant : FUJI HEAVY IND LTD
(22)Date of filing : 23.03.1992 (72)Inventor : SANEYOSHI KEIJI
HANAWA KEIJI

(54) ON-VEHICLE OUTSIDE MONITORING DEVICE

(57)Abstract:

PURPOSE: To detect a three-dimensional object and a road shape, together with an accurate position and size from distance distribution information by determining distance distribution over the entire picture based on a picked up picture.

CONSTITUTION: A stereo optical system 10 picks up the image of an object within a set range outside a vehicle 1, and the image is inputted to a stereo picture processor 20. The processor 20 processes the image picked up in the stereo optical system 10, and calculated the distance distribution over the entire picture. A road/the-dimensional object detecting device 100 calculated the three-dimensional position of each section of a subject corresponding to the distance distribution information. With the use of the three-dimensional position information, the road shape and plural three-dimensional objects can be detected without fail and with high reliability.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]
[Date of sending the examiner's decision of rejection]
[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]
[Date of final disposal for application]
[Patent number]
[Date of registration]
[Number of appeal against examiner's decision of rejection]
[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]
[Date of extinction of right]

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平5-265547

(43)公開日 平成5年(1993)10月15日

(51)Int.Cl. ⁴	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
G 0 5 D 1/02	K	7828-3H		
B 6 0 R 21/00	C	2105-3D		
G 0 5 D 1/02	S	7828-3H		
G 0 6 F 15/62	3 8 0	9287-5L		
15/70	4 0 0	9071-5L		

審査請求 未請求 請求項の数 6 (全 32 頁) 最終頁に続く

(21)出願番号 特願平4-65347

(22)出願日 平成4年(1992)3月23日

(71)出願人 000005348

富士重工業株式会社

東京都新宿区西新宿一丁目7番2号

(72)発明者 実吉 敬二

東京都三鷹市大沢3丁目9番6号 株式会社スバル研究所内

(72)発明者 塙 圭二

東京都三鷹市大沢3丁目9番6号 株式会社スバル研究所内

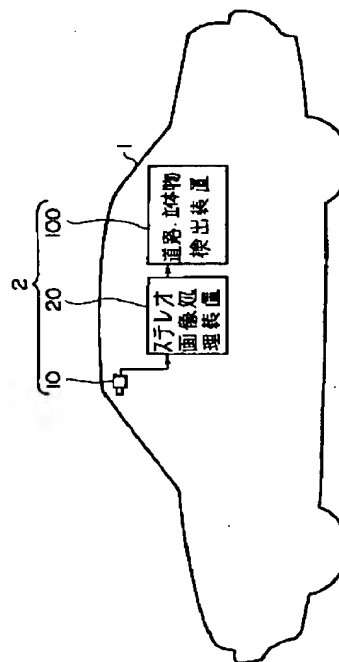
(74)代理人 弁理士 伊藤 進

(54)【発明の名称】 車両用車外監視装置

(57)【要約】

【目的】 撮像した画像から画像全体に渡って距離分布を求め、この距離分布の情報から、立体物や道路形状を、正確な位置や大きさとともに、信頼性高く検出する。

【構成】 ステレオ光学系10によって車輛1の車外の設置範囲内の対象を撮像し、ステレオ画像処理装置20へ入力する。ステレオ画像処理装置20では、ステレオ光学系10で撮像した画像を処理して画像全体に渡る距離分布を計算する。道路・立体物検出装置100は、この距離分布の情報に対応する被写体の各部分の三次元位置を計算し、これらの三次元位置の情報を用いて道路の形状と複数の立体物を確実にしかも信頼性高く検出する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 車外の設定範囲を互いに異なる位置から撮像する撮像系を備え、

上記撮像系で撮像した複数枚の画像を高速処理して画像全体に渡る距離分布を計算する画像処理手段と、
上記画像処理手段からの距離分布の情報に対応する被写体の各部分の三次元位置を計算し、これらの三次元位置の情報を用いて道路の形状と複数の立体物を高速で検出する道路・立体物検出手段とを備えたことを特徴とする車輛用車外監視装置。

【請求項2】 上記道路・立体物検出手段によって検出した立体物の三次元位置の時間変化から、検出した立体物と自車輛との位置関係量を高速で検出する位置関係量検出手段と、

上記道路・立体物検出手段によって検出した道路形状から得られる自車輛の走行する道筋に照らし、上記位置関係量検出手段で検出した位置関係量から、上記道路・立体物検出手段によって検出した立体物と自車輛との衝突の可能性を判断する衝突判断手段を備えたことを特徴とする請求項1記載の車輛用車外監視装置。

【請求項3】 上記道路・立体物検出手段に、
上記画像処理手段からの距離分布の情報に基づいて、道路の白線の位置及び形状を推定する道路形状推定手段と、

上記道路形状推定手段で推定した道路の白線を包含する三次元の空間領域を第1の三次元ウインドウとして設定する第1の三次元ウインドウ設定手段と、

上記距離分布の情報の中から上記第1の三次元ウインドウ内のデータのみを抽出し、道路モデルを構成する三次元の直線要素を検出する直線要素検出手段と、

上記直線要素検出手段で検出した直線要素の妥当性を判定し、判定基準に合致しない場合には上記直線要素を修正あるいは変更し、上記道路モデルを決定する道路形状判定手段と、

上記道路形状判定手段で決定した道路モデルに基づいて、上記距離分布の情報の中から道路表面より上にあるデータのみを抽出するデータ抽出手段と、

上記距離分布の情報を有する画像を複数の領域に分割し、各領域毎に、上記データ抽出手段で抽出したデータから物体の有無と存在位置とを検出することにより、複数の物体を背景と区別して検出する物体検出手段と、

上記物体検出手段で検出した物体を包含する三次元の空間領域を第2の三次元ウインドウとして設定する第2の三次元ウインドウ設定手段と、

上記距離分布の情報の中から上記第2の三次元ウインドウ内のデータのみを抽出して物体の輪郭像を検出するとともに、この輪郭像の形状寸法及び位置を検出する物体輪郭像抽出手段とを備えたことを特徴とする請求項1または請求項2記載の車輛用車外監視装置。

【請求項4】 上記直線要素検出手段において、上記第

1の三次元ウインドウ内のデータのみを抽出した後、抽出したデータに重み係数をかけ、最小自乗法により上記直線要素に対する三次元の直線式を導出することを特徴とする請求項3記載の車輛用車外監視装置。

【請求項5】 上記直線要素検出手段において、上記第1の三次元ウインドウ内のデータのみを抽出した後、ハフ変換によって上記直線要素に対する三次元の直線式を導出することを特徴とする請求項3記載の車輛用車外監視装置。

【請求項6】 上記物体輪郭像抽出手段で検出した物体の輪郭像の形状寸法及び位置から、物体の種類を識別する物体識別手段を備えたことを特徴とする請求項3記載の車外監視装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、車外の設定範囲内の対象を撮像し、この撮像画像から道路形状及び車外の物体を検出する車輛用車外監視装置に関する。

【0002】

【従来の技術】人や物を運ぶ手段の1つである自動車等の車輛は、その利便性と快適性から現代社会においてなくてはならない存在となっている。そこで、自動車の持つ優れた点を犠牲にすることなく、自動的に事故を回避することのできる技術の開発が従来より進められている。

【0003】自動車の衝突を自動的に回避するためには、走行の障害となる物体を検出することがまず第一に重要である。また同時に、自車が走行していく道筋を認識し、検出した物体が道路上の何処に存在しているのかを知って危険か否かを判断する必要がある。例えば、道路がカーブしている場合には、カーブに沿って障害物を検出する必要がある。

【0004】障害物を検出する装置としては、既に、レーダー、超音波、レーザーレーダーなどが実用化されている。しかし、これらの装置では、特定の方向に存在する物体しか検出できず、道路形状を認識したり、障害物と道路の位置関係を知ることができないという欠点がある。

【0005】従って、最近では、車輛に搭載したカメラ等の撮像装置により車外の対象風景を撮像し、この撮像した画像を画像処理して他の車輛等の物体と道路形状を検出し、さらに、対象物までの距離を求める計測技術が有力な手段として採用されるようになった。

【0006】この画像による認識・計測技術は、単眼視像からカメラ位置との関係を用いて対象物までの距離を推定する技術と、複数のカメラにより、あるいは1つのカメラの位置を変えることにより複数の画像を撮像し、三角測量の原理で対象物までの距離を求める、いわゆるステレオ法による技術とに大別される。

【0007】単眼視像による二次元画像から障害物や道

路形状を検出する技術は、種々提案されており、例えば、特開平1-242916号公報には、1台のTVカメラを車内のフロントウインド中央上部付近に取り付け、これから得られる画像を用いて、画像中のあるサーベイ・ライン上の輝度分布パターンや、二次元的な輝度分布パターンから障害物や道路の白線を検出し、TVカメラの取り付け位置や、方向、視野などのパラメータからカメラ位置を仮定し、障害物や白線の三次元位置を推定する技術が開示されている。

【0008】しかしながら、実際の道路上で撮影される画像には、周囲の建物や木々などの様々な物体や背景が写っており、この中から、前方車や対向車、歩行者、電柱、道路の白線などの様々な対象物を二次元的な特徴パターンのみによつて的確に検出することは困難であり、実用化には十分な信頼性が得られない状況にある。また、道路面に凹凸がある場合や道路に勾配がある場合、さらには、車輛がピッチングしている場合には、TVカメラのパラメータから白線や障害物の三次元位置を推定する際に、大きな誤差を生じる次点がある。

【0009】一方、複数の画像から三角測量の原理で距離を求めるステレオ法の技術は、左右画像における同一物体の位置の相対的なずれから距離を求めるので、正確な距離を求めることができる。

【0010】例えば、特開昭59-197816号公報には、2台のTVカメラを車輛前方に取り付け、各々のTVカメラの画像について、二次元的な輝度分布パターンから障害物を検出し、次に、2つの画像上における障害物の位置のずれを求め、三角測量の原理によつて障害物の三次元位置を算出する技術が開示されている。しかし、この先行技術では、各々の画像の中から対象となる障害物を検出することは困難であり、前述した単眼視像による技術と同様、必ずしも信頼性が十分とはいえない。

【0011】また、特開昭48-2927号公報、特開昭55-27708号公報には、2台のTVカメラを車輛前方に取り付け、まず、各々の画像を空間微分して明暗変化点のみを抽出し、片方のカメラの画像の走査を所定時間だけ遅延させてもう一方の画像と重ね合わせ、2つの画像で一致する部分のうち、立体物が持つ明暗変化の特徴から、立体物だけを抽出する技術が開示されている。しかしながら、実際の画像は複雑であり、例えば、画像に複数の立体物が写っている場合には多数の明暗変化点が現れ、複数の立体物との対応を求めることが困難となる。従つて、これらの先行技術によつても、正確に立体物を検出することは困難である。

【0012】

【発明が解決しようとする課題】以上のように、実際の複雑な状況においては、撮像した画像から立体物や道路形状を正確に検出し、同時に、それらの距離や形状、三次元の位置関係などを正確に検出することは極めて困難

である。

【0013】本発明は上記事情に鑑みてなされたもので、撮像した画像から画像全体に渡つて距離分布を求め、この距離分布の情報から、立体物や道路形状を、正確な位置や大きさとともに、信頼性高く検出することのできる車輛用車外監視装置を提供することを目的とする。

【0014】

【課題を解決するための手段】第1の発明による車輛用車外監視装置は、車外の設定範囲を互いに異なる位置から撮像する撮像系を備え、上記撮像系で撮像した複数枚の画像を高速処理して画像全体に渡る距離分布を計算する画像処理手段と、上記画像処理手段からの距離分布の情報に対応する被写体の各部分の三次元位置を計算し、これらの三次元位置の情報を用いて道路の形状と複数の立体物を高速で検出する道路・立体物検出手段とを備えたことを特徴とする。

【0015】第2の発明による車輛用車外監視装置は、第1の発明において、上記道路・立体物検出手段によつて検出した立体物の三次元位置の時間変化から、検出した立体物と自車輛との位置関係量を高速で検出する位置関係量検出手段と、上記道路・立体物検出手段によつて検出した道路形状から得られる自車輛の走行する道筋に照らし、上記位置関係量検出手段で検出した位置関係量から、上記道路・立体物検出手段によつて検出した立体物と自車輛との衝突の可能性を判断する衝突判断手段を備えたことを特徴とする。

【0016】第3の発明による車輛用車外監視装置は、第1の発明または第2の発明における道路・立体物検出手段に、上記画像処理手段からの距離分布の情報に基づいて、道路の白線の位置及び形状を推定する道路形状推定手段と、上記道路形状推定手段で推定した道路の白線を包含する三次元の空間領域を第1の三次元ウインドウとして設定する第1の三次元ウインドウ設定手段と、上記距離分布の情報の中から上記第1の三次元ウインドウ内のデータのみを抽出し、道路モデルを構成する三次元の直線要素を検出する直線要素検出手段と、上記直線要素検出手段で検出した直線要素の妥当性を判定し、判定基準に合致しない場合には上記直線要素を修正あるいは変更し、上記道路モデルを決定する道路形状判定手段と、上記道路形状判定手段で決定した道路モデルに基づいて、上記距離分布の情報の中から道路表面より上にあるデータのみを抽出するデータ抽出手段と、上記距離分布の情報を有する画像を複数の領域に分割し、各領域毎に、上記データ抽出手段で抽出したデータから物体の有無と存在位置とを検出することにより、複数の物体を背景と区別して検出する物体検出手段と、上記物体検出手段で検出した物体を包含する三次元の空間領域を第2の三次元ウインドウとして設定する第2の三次元ウインドウ設定手段と、上記距離分布の情報の中から上記第2の

三次元ウインドウ内のデータのみを抽出して物体の輪郭像を検出するとともに、この輪郭像の形状寸法及び位置を検出する物体輪郭像抽出手段とを備えたことを特徴とする。

【0017】第4の発明による車輛用車外監視装置は、第3の発明の上記直線要素検出手段において、上記第1の三次元ウインドウ内のデータのみを抽出した後、抽出したデータに重み係数をかけ、最小自乗法により上記直線要素に対する三次元の直線式を導出することを特徴とする。

【0018】第5の発明による車輛用車外監視装置は、第3の発明の直線要素検出手段において、上記第1の三次元ウインドウ内のデータのみを抽出した後、ハフ変換によって上記直線要素に対する三次元の直線式を導出することを特徴とする。

【0019】第6の発明による車輛用車外監視装置は、第3の発明において、上記物体輪郭像抽出手段で検出した物体の輪郭像の形状寸法及び位置から、物体の種類を識別する物体識別手段を備えたことを特徴とする。

【0020】

【作用】第1の発明では、車外の設定範囲を互いに異なる位置から撮像し、撮像した複数枚の画像を高速処理して画像全体に渡る距離分布を計算すると、この距離分布の情報に対応する被写体の各部分の三次元位置を計算し、これらの三次元位置の情報を用いて道路の形状と複数の立体物を高速で検出する。

【0021】第2の発明では、第1の発明において、検出した道路形状から得られる自車輛の走行する道筋に照らし、検出した立体物と自車輛との位置関係量から、検出した立体物と自車輛との衝突の可能性を判断する。

【0022】第3の発明では、第1の発明または第2の発明において、道路の形状と複数の立体物を検出するため、距離分布の情報に基づいて道路の白線の位置及び形状を推定し、この推定した道路の白線を包含する三次元の空間領域を第1の三次元ウインドウとして設定した後、距離分布の情報の中から第1の三次元ウインドウ内のデータのみを抽出し、道路モデルを構成する三次元の直線要素を検出する。そして、この直線要素の妥当性を判定し、判定基準に合致しない場合には直線要素を修正あるいは変更し、道路モデルを決定する。さらに、決定した道路モデルに基づいて距離分布の情報の中から道路表面より上にあるデータのみを抽出し、この抽出したデータから、距離分布の情報を有する画像を分割した各領域毎に物体の有無と存在位置とを検出することにより、複数の物体を背景と区別して検出する。その後、検出した物体を包含する三次元の空間領域を第2の三次元ウインドウとして設定し、距離分布の情報の中から第2の三次元ウインドウ内のデータのみを抽出して物体の輪郭像を検出するとともに、この輪郭像の形状寸法及び位置を検出する。

【0023】第4の発明では、第3の発明における直線要素の検出を、第1の三次元ウインドウ内のデータのみを抽出した後、抽出したデータに重み係数をかけ、最小自乗法により直線要素に対する三次元の直線式を導出することにより行なう。

【0024】第5の発明では、第3の発明における直線要素の検出を、第1の三次元ウインドウ内のデータのみを抽出した後、ハフ変換によって直線要素に対する三次元の直線式を導出することにより行なう。

10 【0025】第6の発明では、第3の発明において、検出した物体の輪郭像の形状寸法及び位置から、物体の種類を識別する。

【0026】

【実施例】以下、図面を参照して本発明の実施例を説明する。図1～図37は本発明の第1実施例を示し、図1は車外監視装置の全体構成図、図2は車輛の正面図、図3は車外監視装置の回路ブロック図、図4はカメラと被写体との関係を示す説明図、図5はステレオ画像処理装置の具体例を示す回路構成図、図6はシティブロック距離計算回路の説明図、図7は最小値検出回路のブロック図、図8は車載のCCDカメラで撮像した画像の例を示す説明図、図9は距離画像の例を示す説明図、図10は車輛の上面図、図11は車輛の側面図、図12は道路・立体物検出装置の機能ブロック図、図13は道路モデルの例を示す説明図、図14は三次元ウインドウの形状を示す説明図、図15は二次元ウインドウの形状を示す説明図、図16は直線要素とデータのずれ量を示す説明図、図17はずれ量と重み係数の関係を示す説明図、図18は検出した道路形状の例を示す説明図、図19は画像の区分方法を示す説明図、図20は検出物体とヒストグラムの関係を示す説明図、図21は物体の存在領域の検出結果と検出距離の例を示す説明図、図22は物体検出用の三次元ウインドウの形状を示す説明図、図23は物体検出用の二次元ウインドウの形状を示す説明図、図24は物体の輪郭を構成するデータの例を示す説明図、図25は物体の輪郭像と検出された外径寸法の例を示す説明図、図26はステレオ画像処理装置の動作を示すフローチャート、図27はシフトレジスタ内の保存順序を示す説明図、図28はシティブロック距離計算回路の動作を示すタイミングチャート、図29はずれ量決定部の動作を示すタイミングチャート、図30はステレオ画像処理装置の動作を示すタイミングチャート、図31～図34は道路検出部の動作を示すフローチャートであり、図31は道路形状推定処理のフローチャート、図32は三次元ウインドウ発生処理のフローチャート、図33は直線要素検出処理のフローチャート、図34は道路形状判定処理のフローチャート、図35～図37は物体認識部の動作を示すフローチャートであり、図35は物体検出処理のフローチャート、図36は三次元ウインドウ発生処理のフローチャート、図37は物体輪郭像抽出処理

のフローチャートである。

【0027】〔構成〕図1において、符号1は自動車などの車輛であり、この車輛1に、車外の設置範囲内の対象を撮像し、撮像画像から車外の物体を認識して監視する車外監視装置2が搭載されている。

【0028】この車外監視装置2は、車外の設定範囲内の対象を撮像する撮像系としてのステレオ光学系10と、このステレオ光学系10によって撮像した画像を処理し、三次元の距離分布情報を算出する画像処理手段としてのステレオ画像処理装置20と、このステレオ画像処理装置20からの距離情報を入力し、その距離情報から道路形状や複数の立体物の三次元位置を高速で検出する道路・立体物検出手段としての道路・立体物検出装置100とを備えており、例えば、図示しないアクチュエータ類を制御する外部装置を接続することにより、認識された物体が車輛1の障害物となる場合、運転者に対する警告、車体の自動衝突回避等の動作を行なうことができるようになっている。

【0029】上記ステレオ光学系10は、撮像した画像を電気信号に変換する撮像装置として、例えば電荷結合素子(CCD)等の固体撮像素子を用いたCCDカメラを用いて構成されており、図2に示すように、遠距離の左右画像用としての2台のCCDカメラ11a、11b(代表してCCDカメラ11と表記する場合もある)が、それぞれ車室内の天井前方に一定の間隔をもって取り付けられるとともに、近距離の左右画像用としての2台のCCDカメラ12a、12b(代表してCCDカメラ12と表記する場合もある)が、それぞれ、遠距離用のCCDカメラ11a、11bの内側に一定の間隔をもって取り付けられている。

【0030】また、図3に示すように、上記ステレオ画像処理装置20は、上記ステレオ光学系10からの左右2枚の画像信号を入力し、画像の微小領域毎に2枚の画像で同一の物体が写っている部分を検出し、その画像上の位置のずれ量から物体までの距離を算出する処理を画像全体に渡って実行する距離検出回路20a、この距離検出回路20aの出力である距離情報を記憶する距離画像メモリ20bなどから構成されている。

$$Z = r \times f / \delta$$

この左右画像のずれ量 δ を検出するには、左右画像における同一物体の像を見つけ出す必要があり、本発明では、次に述べるステレオ画像処理装置20において、画像を小領域に分割し、それぞれの小領域内の輝度あるいは色のパターンを左右画像で比較して一致する領域を見つけ出し、全画面に渡って距離分布を求める。従って、従来のように、エッジ、線分、特殊な形など、何らかの特徴を抽出し、それらの特徴が一致する部分を見つけ出す

$$H = \sum |A_i - B_i|$$

また、分割すべき小領域の大きさとしては、大きすぎると、その領域内に遠方物体と近くの物体が混在する可能

＊【0031】また、道路・立体物検出装置100は、距離画像メモリ20bに書き込まれた距離情報を読み出しして各種の計算処理を行なうマイクロプロセッサ100aを中心に構成され、制御プログラムを格納する読み出し専用メモリ(ROM)100b、計算処理途中の各種パラメータを記憶する読み書き両用メモリ(RAM)100c、インターフェース回路100d、処理結果のパラメータを記憶する出力用メモリ100eなどから構成されており、上記インターフェース回路100dには、車輛1に取り付けられた車速センサ3と、ステアリングの操舵角を検出する舵角センサ4とが接続されている。

【0032】上記マイクロプロセッサ100aは、上記距離画像メモリ20bを介して距離画像を入力して計算処理を実行し、処理結果である道路形状や障害物のパラメータを出力用メモリ100eに出力する。道路・立体物検出装置100に接続される外部機器は、上記出力用メモリ100eを介して、これらのパラメータを受け取る。

【0033】ここで、上記ステレオ光学系10として、直近から例えば100m遠方までの距離計測を行なう場合、車室内のCCDカメラ11、12の取付位置を、例えば、車輛1のボンネット先端から2mとすると、実際には前方2mから100mまでの位置を計測できれば良い。

【0034】すなわち、図4に示すように、遠距離用の2台のCCDカメラ11a、11bの取付間隔を r として、2台のカメラ11a、11bの設置面から距離 Z にある点 P を撮影する場合、2台のカメラ11a、11bの焦点距離を共に f とすると、点 P の像は、それぞれのカメラについて焦点位置から f だけ離れた投影面に写る。

【0035】このとき、右のCCDカメラ11bにおける像の位置から左のCCDカメラ11aにおける像の位置までの距離は、 $r + \delta$ となり、この δ をずれ量とすると、点 P までの距離 Z は、ずれ量 δ から以下の式で求めることができる。

【0036】

(1)

＊すことによる情報量の低下を避けることができる。

【0037】左右画像の一致度は、右画像、左画像の i 番目画素の輝度(色を用いても良い)を、それぞれ、 A_i 、 B_i とすると、例えば、以下の(3)式に示すシブブロック距離 H によって評価することができ、平均値の採用による情報量の低下もなく、乗算がないことから演算速度を向上させることができる。

【0038】

(2)

性が高くなり、検出される距離が曖昧になる。画像の距離分布を得るためにも領域は小さい方が良いが、小さ

ぎると、一致度を調べるための情報量が不足する。

【0039】このため、例えば、100m先にある幅1.7mの車輛が、隣の車線の車輛と同じ領域内に含まれないように、4つに分割される画素数を領域横幅の最大値とすると、上記ステレオ光学系10に対して4画素となる。この値を基準に最適な画素数を実際の画像で試行した結果、縦横共に4画素となる。

【0040】以下の説明では、画像を4×4の小領域で分割して左右画像の一致度を調べるものとし、ステレオ光学系10は、遠距離用のCCDカメラ11a、11bで代表するものとする。

【0041】上記ステレオ画像処理装置20の具体的回路例は、図5に示され、この回路例では、距離検出回路20aに、上記ステレオ光学系10で撮像したアナログ画像をデジタル画像に変換する画像変換部30、この画像変換部30からの画像データに対し、左右画像のずれ量 δ を決定するためのシティブロック距離Hを画素を一つずつずらしながら次々と計算するシティブロック距離計算部40、シティブロック距離Hの最小値HMIN及び最大値HMAXを検出する最小・最大値検出部50、この最小・最大値検出部50で得られた最小値HMINが左右小領域の一致を示すものであるか否かをチェックしてずれ量 δ を決定するずれ量決定部60が備えられており、また、距離画像メモリ20bとして、デュアルポートメモリ90が採用されている。

【0042】上記画像変換部30では、左右画像用のCCDカメラ11a、11bに対応してA/Dコンバータ31a、31bが備えられ、各A/Dコンバータ31a、31bに、データテーブルとしてのルックアップテーブル(LUT)32a、32b、上記CCDカメラ11a、11bで撮像した画像を記憶する画像メモリ33a、33bが、それぞれ接続されている。

【0043】A/Dコンバータ31a、31bは、例えば8ビットの分解能を有し、左右のCCDカメラ11a、11bからのアナログ画像を、所定の輝度階調を有するデジタル画像に変換する。すなわち、処理の高速化のため画像の二値化を行なうと、左右画像の一致度を計算するための情報が著しく失われるため、例えば256階調のグレースケールに変換するのである。

【0044】また、LUT32a、32bはROM上に構成され、上記A/Dコンバータ31a、31bでデジタル量に変換された画像に対し、低輝度部分のコントラストを上げたり、左右のCCDカメラ11a、11bの特性の違いを補正する。そして、LUT32a、32bで変換された信号は、一旦、画像メモリ33a、33bに記憶される。

【0045】上記画像メモリ33a、33bは、後述するように、シティブロック距離計算部40で画像の一部を繰り返し取り出して処理するため、比較的低速のメモリから構成することができ、コスト低減を図ることがで

きる。

【0046】上記シティブロック距離計算部40では、上記画像変換部30の左画像用の画像メモリ33aに、共通バス80を介して2組の入力バッファメモリ41a、41bが接続されるとともに、右画像用の画像メモリ33bに、共通バス80を介して2組の入力バッファメモリ42a、42bが接続されている。

【0047】上記左画像用の各入力バッファメモリ41a、41bには、2組の例えば8段構成のシフトレジスタ43a、43bが接続され、右画像用の各入力バッファメモリ42a、42bには、同様に、2組の例えば8段構成のシフトレジスタ44a、44bが接続されている。さらに、これら4組のシフトレジスタ43a、43b、44a、44bには、シティブロック距離を計算するシティブロック距離計算回路45が接続されている。

【0048】また、上記右画像用のシフトレジスタ44a、44bには、後述するずれ量決定部60の2組の10段構成のシフトレジスタ64a、64bが接続されており、次の小領域のデータ転送が始まると、シティブロック距離Hの計算の終わった古いデータはこれらのシフトレジスタ64a、64bに送られ、ずれ量 δ の決定の際に用いられる。

【0049】また、シティブロック距離計算回路45は、加減算器に入出力ラッチをつなげてワンチップ化した高速CMOS型演算器46を組み合わせており、図6に詳細が示されるように、演算器46を16個ピラミッド状に接続したバイブライン構造で、例えば8画素分を同時に入力して計算するようになっている。このピラミッド型構造の初段は、絶対値演算器、2段～4段は、それぞれ、第1加算器、第2加算器、第3加算器を構成し、最終段は総和加算器となっている。

【0050】尚、図6においては、絶対値計算と1、2段目の加算器は半分のみ表示している。

【0051】また、上記各入力バッファメモリ41a、41b、42a、42bは、シティブロック距離計算の速度に応じた比較的小容量の高速タイプであり、入出力が分離し、クロック発生回路85から供給されるクロックに従って、#1アドレスコントローラ86によって発生されるアドレスが共通に与えられる。また、4組のシフトレジスタ43a、43b、44a、44bとの転送は、#2アドレスコントローラ87によって制御される。

【0052】尚、シティブロック距離Hの計算をコンピュータのソフトウェアで行なう場合、右画像の一つの小領域に対して左画像の小領域を次々に探索し、これを右画像の小領域全部について行なう必要があり、この計算を例えば0.08秒で行なうとすると、一画素当たり例えば5ステップのプログラムで、500MIPS(Mega Instruction Per Second)の能力が要求される。これは現在の一般的なシスク(CISC)タイプのマイクロ

プロセッサでは実現不可能な数字であり、リスク(RISC)プロセッサ、デジタルシグナルプロセッサ(DSP)、あるいは、並列プロセッサなどを用いなければならなくなる。

【0053】上記最小・最大値検出部50は、シティブロック距離Hの最小値HMINを検出する最小値検出回路51とシティブロック距離Hの最大値HMAXを検出する最大値検出回路52とを備えており、上記シティブロック距離計算回路45で使用する演算器46を最小値、最大値検出用として2個使用した構成となっており、シティブロック距離Hの出力と同期が取られるようになっている。

【0054】図7に示すように、最小値検出回路51は、具体的には、Aレジスタ46a、Bレジスタ46b、及び、算術論理演算ユニット(ALU)46cからなる演算器46に、Cラッチ53、ラッチ54、Dラッチ55を接続して構成され、シティブロック距離計算回路45からの出力が、Aレジスタ46aと、Cラッチ53を介してBレジスタ46bとに入力され、ALU46の出力の最上位ビット(MSB)がラッチ54に出力される。このラッチ54の出力は、Bレジスタ46b及びDラッチ55に出力され、演算器46での最小値計算の途中の値が、Bレジスタ46bに保存されるとともに、そのときのずれ量δがDラッチ55に保存されるようになっている。

【0055】尚、最大値検出回路52については、論理が逆になることと、ずれ量δを保存しないこと以外は、最小値検出回路51と同様の構成である。

【0056】前述したようにシティブロック距離Hは、一つの右画像小領域に対し、左画像小領域を1画素ずつずらしながら順次計算されていく。そこで、シティブロック距離Hの値が出力される毎に、これまでの値の最大値HMAX、最小値HMINと比較、更新することによって、最後のシティブロック距離Hの出力とはほぼ同時に、その小領域におけるシティブロック距離Hの最大値HMAX、最小値HMINが求まるようになっている。

【0057】上記ずれ量決定部60は、比較的小規模のRISCプロセッサとして構成され、演算器61を中心として、2本の16ビット幅データバス62a、62b、ずれ量δを保持するラッチ63a、第1の規定値としてのしきい値Haを保持するラッチ63b、第2の規定値としてのしきい値Hbを保持するラッチ63c、第3の規定値としてのしきい値Hcを保持するラッチ63d、右画像の輝度データを保持する2組のシフトレジスタ64a、64b、演算器61の出力を受けてずれ量δまたは"0"を出力するスイッチ回路65、そして出力された結果を一時保存する出力バッファメモリ66a、66b、回路の動作タイミングや演算器61の機能の制御プログラムが書き込まれた16ビット幅のROM67が備えられている。

【0058】上記演算器61は、ALU70を中心として、Aレジスタ71、Bレジスタ72、Fレジスタ73、及び、セクタ74からなり、上記データバス62a(以下、Aバス62aとする)にAレジスタ71が接続されるとともに、上記データバス62b(以下、Bバス62bとする)にBレジスタ72が接続され、ALU70の演算結果で上記スイッチ回路65を作動し、ずれ量δまたは"0"が上記出力バッファメモリ66a、66bに格納されるようになっている。

【0059】上記Aバス62aには、各しきい値Ha、Hb、Hcを保持するラッチ63b、63c、63d、上記最大値検出回路52が接続され、上記Bバス62bには、上記最小値検出回路51が接続されている。さらに、上記Aバス62a及びBバス62bには、上記各シフトレジスタ64a、64bが接続されている。

【0060】また、上記スイッチ回路65には、上記演算器61が接続されるとともに、上記ラッチ63aを介して上記最小値検出回路51が接続され、後述する3つのチェック条件が演算器61で判定され、その判定結果に応じて上記出力バッファメモリ66a、66bへの出力が切り換えられる。

【0061】このずれ量決定部60では、得られたシティブロック距離Hの最小値HMINが本当に左右小領域の一致を示しているものかどうかチェックを行い、条件を満たしたもののみ、出力バッファメモリ66a、66bの対応する画素の位置にずれ量δを出力する。

【0062】すなわち、シティブロック距離Hが最小となるずれ量が求めるずれ量δとなる訳であるが、以下の3つのチェック条件を満足した場合にずれ量δを出力し、満足しない場合には、データを採用せずに"0"を出力する。

【0063】(1) $HMIN \leq Ha$ ($HMIN > Ha$ のときには距離を検出できず。)

(2) $HMAX - HMIN \geq Hb$ (得られた最小値HMINがノイズによる揺らぎより明らかに低くなっていることをチェックするための条件であり、最小値HMINの近傍の値との差でなく、最大値HMAXとの差をチェック対象とすることにより、曲面などの緩やかに輝度の変わる物体に対しても距離検出が行なえる。)

(3) 右画像の小領域内の横方向の隣接画素間の輝度差 $> Hc$ (しきい値Hcを大きくするとエッジ検出となるが、輝度が緩やかに変化している場合にも対応可能なように、しきい値Hcは通常のエッジ検出レベルよりはずっと低くしてある。この条件は、輝度変化のない部分では、距離検出が行なえないという基本的な原理に基づいており、小領域中の画素毎に行なわれるため、小領域の中でも実際に距離の検出された画素のみが採用されることになり、自然な結果が得られる。)

尚、このずれ量決定の処理も、通常のマイクロプロセッサでソフト的に行おうとすると、例えば27MIPSの

速さが必要となり、実行不可能である。

【0064】以上のずれ量決定部60から出力される最終結果である距離分布情報は、距離画像メモリ20bとしてのデュアルポートメモリ90へ共通バス80を介して書き込まれる。

【0065】以上説明したステレオ画像処理装置20から出力される距離分布情報は、画像のような形態をしており（距離画像）、左右2台のCCDカメラ11a、11bで撮影した画像、例えば図8に示すような画像（図8は片方のカメラで撮像した画像を示す）を上記ステレオ画像処理装置20で処理すると、図9のような画像となる。

【0066】図9に示す画像例では、画像サイズは横400画素×縦200画素であり、距離データを持っているのは黒点の部分で、これは図8の画像の各画素のうち、左右方向に隣合う画素間で明暗変化が大きい部分である。画像上の座標系は、図9に示すように、左上隅を原点として横方向をi座標軸、縦方向をj座標軸とし、単位は画素である。

【0067】この距離画像は、上記道路・立体物検出装置100に読み込まれ、自車線と隣接する左右の車線上に存在する他の自動車や障害物などの複数の物体が検出*

$$Y = CH - Z \times PW \times (j - JV) \quad (3)$$

$$X = r / 2 + Z \times PW \times (i - IV) \quad (4)$$

ここで、CH：CCDカメラ11（CCDカメラ12）の取付け高さ、

PW：1画素当たりの視野角、

IV、JV：車輦1の真正面の無限遠点の画像上の座標である。

※

$$j = (CH - Y) / (Z \times PW) + JV \quad (5)$$

$$i = (X - r / 2) / (Z \times PW) + IV \quad (6)$$

尚、CCDカメラ11の取り付け位置を、上記実空間のXYZ座標系で示すと、例えば、右側のCCDカメラ11bは、 $X = 0.45\text{m}$ 、 $Y = 1.24\text{m}$ 、 $Z = 0.0\text{m}$ であり、左側のCCDカメラ11aは、 $X = -0.45\text{m}$ 、 $Y = 1.24\text{m}$ 、 $Z = 0.0\text{m}$ となる。

【0073】上記道路・立体物検出装置100の認識機能は、図12に示すように、道路検出部110と、物体認識部120とに大別され、処理結果が、道路・立体物パラメータ記憶部130としての出力メモリ100eに記憶され、図示しない外部装置に読み込まれる。

【0074】上記道路検出部110は、さらに、道路形状推定部111、三次元ウインドウ発生部112、直線要素検出部113、及び、道路形状判定部114から構成されており、上記物体認識部120は、さらに、物体検出部121、三次元ウインドウ発生部122、及び、物体輪郭像抽出部123から構成されている。

【0075】道路形状推定部111は、上記距離画像に含まれる距離分布の情報に基づいて、道路の白線的位置及び形状を推定する道路形状推定手段としての機能を有

*され、その位置と大きさ、位置の時間変化による自車との相対速度などが算出され、さらに、検出した物体の輪郭像が抽出される。

【0068】この場合、上記道路・立体物検出装置100では、物体の三次元的な位置情報を利用し、道路と物体の区別は道路表面からの高さによって行い、物体と背景の区別は距離の値によって行なう。そのため、上記道路・立体物検出装置100では、まず、上記ステレオ画像処理装置20からの距離画像の座標系を、自車（車輦1）を取り巻く実空間の座標系に変換し、検出した道路形状や立体物に対し、位置や大きさを計算する。

【0069】すなわち、図10及び図11に示すように、実空間の座標系を車輦1固定の座標系とし、X軸を車輦1の右側側方、Y軸を車輦1の上方、Z軸を車輦1の前方、原点を2台のCCDカメラ11a（12b）、11b（12b）の中央の真下の道路面とすると、XZ平面（ $Y = 0$ ）は、道路が平坦な場合、道路面と一致することになり、画像中の距離情報（ i, j, Z ）から被写体の三次元位置（ X, Y, Z ）を算出するには、以下の（3）、（4）式により一種の座標変換を行なう。

【0070】

※【0071】また、実空間の三次元座標（ X, Y, Z ）から画像上の位置（ i, j ）を算出する式も、上記（3）、（4）式を変形し、次のようになる。

【0072】

し、三次元ウインドウ発生部112は、推定した道路の白線を包含する三次元の空間領域を第1の三次元ウインドウとして設定する第1の三次元ウインドウ設定手段としての機能を有している。

【0076】また、直線要素検出部113は、上記距離分布の情報の中から上記第1の三次元ウインドウ内のデータのみを抽出し、道路モデルを構成する三次元の直線要素を検出する直線要素検出手段としての機能を有し、道路形状判定部114は、検出した直線要素の妥当性を判定し、判定基準に合致しない場合には上記直線要素を修正あるいは変更し、上記道路モデルを決定する道路形状判定手段としての機能を有している。

【0077】また、物体検出部121は、決定した道路モデルに基づいて、上記距離分布の情報の中から道路表面より上にあるデータのみを抽出するデータ抽出手段、及び、上記距離分布の情報を有する画像を複数の領域に分割し、各領域毎に、抽出したデータから物体の有無と存在位置とを検出することにより、複数の物体を背景と区別して検出する物体検出手段としての機能を有し、三

次元ウインドウ発生部122は、検出した物体を包含する三次元の空間領域を第2の三次元ウインドウとして設定する第2の三次元ウインドウ設定手段としての機能を有している。

【0078】また、物体輪郭像抽出部123は、上記距離分布の情報の中から上記第2の三次元ウインドウ内のデータのみを抽出して物体の輪郭像を検出するとともに、この輪郭像の形状寸法及び位置を検出する物体輪郭像抽出手段、検出した立体物の三次元位置の時間変化から、検出した立体物と自車輦との位置関係量を高速で検出する位置関係量検出手段、及び、検出した道路形状から得られる自車輦の走行する道筋に照らし、上記位置関係量から検出した立体物と自車輦との衝突の可能性を判断する衝突判断手段としての機能を有している。

【0079】上記道路検出部110では、距離画像メモリ20bに記憶された距離画像による三次元的な位置情報を利用し、実際の道路上の白線だけを分離して抽出し、内蔵した道路モデルのパラメータを、実際の道路形状と合致するよう修正・変更して道路形状を認識する。

【0080】実際の画像では、道路上の白線に先行車などが重なって写るが、画像に写った道路の白線を二次元的な特徴を頼りに検出する従来の多くの装置では、白線と立体物とを二次元的な特徴によって分離することは困難な場合が多いが、本発明では白線の三次元的な位置情報を利用することにより、確実に白線と立体物とを分離することができる。

【0081】すなわち、三次元空間では白線は道路の平面上にあり、一方、先行車などの立体物は道路平面より高い位置にある。そこで、道路面からの高さによって白線と立体物を区別するのである。

【0082】さらに、道路検出部110には道路モデルが内蔵されており、この道路モデルは、認識対象範囲までの道路の自車線を、設定した距離によって複数の区間に分け、各区分毎に左右の白線を、後述する三次元の*

$$\Delta Z = V \times \Delta t \quad (7)$$

$$\Delta \theta = \Delta Z \times \tan(\eta / r_s) \times 1 / w_b \quad (8)$$

ここで、 r_s ：ステアリングと前輪の回転比、
 w_b ：車輦のホイールベースである。

【0088】従って、前回の処理で検出した道路形状を ΔZ だけ手前に移動し、さらに、 $\Delta \theta$ だけ車輦1の回転と逆方向に道路形状を回転させることにより、 Δt 秒後の道路の概略の位置と形状が推定できるのである。

【0089】三次元ウインドウ発生部112では、推定した道路形状RDを表す左右の折れ線の内一つの直線要素Ldを中心として、図14に示すような直方体状の第1の三次元空間領域すなわち第1の三次元ウインドウWD3A（以下、単に三次元ウインドウWD3Aとする）を設定し、この設定した三次元ウインドウWD3Aが、図15に示すように、二次元の画像上でどのように見えるかを計算し、ウインドウ輪郭線の内側（図15中の斜線部

*直線式で近似して折れ線状に連結したものであり、左右の折れ線で囲まれた範囲を自分の走行車線と判断する。道路形状の認識とは、三次元の直線式のパラメータを導出するプロセスともいえる。

【0083】図13は道路モデルの例であり、例えば、前方84mまでの道路を、第0区分R0、第1区分R1、第2区分R2、…、第6区分R6の7区分に分け、左カーブを近似表現したものである。この道路モデルでは、7個の区分で道路を近似表現することにより、直線路のみでなくカーブやS字路も十分な精度で表現でき、また、各区分は直線で表現されるため、計算処理や取扱いが簡単である。さらに、後述するように、各区分は、水平方向及び垂直方向の直線式で表され、道路の上り下りや凹凸などの、道路の上下方向の形状も表現できる。

【0084】尚、上記道路モデルの各区分を区切る距離の値は、走行する道路のカーブの曲率に応じて変更する必要がある。一般の高速道路ではカーブの半径は最小で230m程度に設計されているため、このような場合、各区分の区切り距離を、10m、17m、25m、35m、48m、64m、84mにすると良好な結果が得られる。

【0085】次に、道路検出部110の機能を詳細に説明する。道路形状推定部111では、前回（ Δt sec前）の道路形状の認識結果を基にし、車速センサ3、舵角センサ4からの出力信号を使って Δt 秒間の車輦1の動きを算出し、 Δt 秒後の車輦1の位置から見た道路形状を推定する。

【0086】すなわち、車速センサ3の出力信号をV（m/sec）、ステアリング・コラムに取り付けた舵角センサ4の出力信号（操舵角）を η （rad）とすると、 Δt 秒間の車輦1の前進量 ΔZ （m）と回転角（ヨー角） $\Delta \theta$ （rad）は、一般に次式で概算できる。

【0087】

分）を二次元ウインドウWD2Aとし、この中のデータのみを検出対象とする。

【0090】三次元ウインドウWD3Aから二次元ウインドウWD2Aを求めるには、三次元ウインドウWD3Aの8個の頂点の各座標（ X_n , Y_n , Z_n ）から、前述した（5）（6）式を用いて画像上の座標（ i_n , j_n ）を計算し、これらの点を包絡する多角形を計算する。

【0091】この三次元ウインドウWD3Aは、長さを各区分の区切り距離（例えば、第1区分R1では前方10～17m）と等しくし、一方、高さや幅は、車速などの状況に応じて変化させるが、道路形状の推定に誤差があり、実際の白線の位置とのずれが予想される場合には、高さや幅を大きくして検出する範囲を広くする。しかし、ウインドウを大きくし過ぎると、道路周辺の縁石や

草木なども検出してしまい、誤認識の原因となるため、ウインドウの大きさを適切に選定することは重要である。一般の高速道路の走行では、試験の結果、高さ0.4m～0.8m、幅0.4～1.6mの範囲で変化させると良いことがわかっている。

【0092】このように、二次元の画像上では道路の白線と立体物が重なり合っている、三次元ウィンドウを設定して道路の表面付近のデータのみを抽出することにより、白線を立体物と区別して検出できる。また、道路周辺には緑石や草木などもあるが、三次元ウィンドウを設定して白線があると推定される位置の近辺のデータのみを抽出することによって、道路上の白線をこれらの緑石や草木などと区別して検出できる。さらには、二次元ウィンドウを設定することにより、探索する領域及びデータ数を少なくして処理時間を短縮することができるのである。

【0093】直線要素検出部113では、先に推定した道路形状の直線要素Ldに対し、被写体の三次元位置のX方向のずれ量 ΔX 、Y方向のずれ量 ΔY を計算し、このずれ量 ΔX 、 ΔY に応じて設定した重み係数を各データに掛け、最小自乗法により、水平方向(XZ方向)及び垂直方向(YZ)方向の直線式を導出してパラメータを求める。

【0094】詳細には、まず、二次元ウィンドウWD2A内の画素を順次サーベイして行き、距離データを持っている画素について、前述の(3)、(4)式を用いて被写体の三次元位置(X, Y, Z)を計算し、距離Zの値が三次元ウィンドウWD3Aの長さの範囲(例えば、第1区間R1では $Z = 10 \sim 17$ m)の外にある距離データ *

水平方向: $X = a \times Z + b$

垂直方向: $Y = c \times Z + d$

同時に、重み係数が設定値(例えば、0.05～0.1程度)以上のデータについて、その個数と、それらのデータが分布する距離Zの範囲を調べ、データ数が設定値(例えば、10個程度)以下の場合、または距離Zの範囲が三次元ウィンドウWD3Aの長さ(例えば、第1区間R1では $Z = 10 \sim 17$ mの長さ7m)の1/2以下の場合には、正確な直線要素Ldの候補は得られていないと判断し、上記で求めた直線式は棄却し、候補なしとする。

【0100】以上の処理を、左右および手前側から遠方側の区間に向かって順次行い、道路モデルを構成する全ての直線要素Ldの候補を求める。この場合、三次元ウィンドウの幅の設定が大き過ぎると、道路周辺の緑石や草木などが三次元ウィンドウの端に掛かって来る場合があるが、この直線要素検出部113では、各データに重み係数を掛けて三次元ウィンドウの周辺部の重みを小さくすることにより、万一、緑石や草木などが掛かってきた場合にも、これらの影響を小さくし、安定して白線の直線式が導出できるのである。

*は検出対象から除外する。

【0095】すなわち、三次元ウィンドウWD3Aの向こう側や手前側にある物体の画像は、二次元ウィンドウWD2A内に写り込むため、二次元ウィンドウWD2A内でサーベイされる被写体は、三次元ウィンドウWD3Aに包含されるとは限らない。そこで、各画素の被写体の三次元位置(X, Y, Z)を計算し、三次元ウィンドウWD3Aに含まれるか否かを判別するのである。

【0096】続いて、先に推定した道路形状の直線要素Ldと被写体の三次元位置を比較して図16に示すようなデータDiのX方向、Y方向のずれ量 ΔX_i 、 ΔY_i を計算し、三次元ウィンドウWD3Aの幅、高さの範囲内にあるデータのみを選別した後、X方向、Y方向のずれ量 ΔX_i 、 ΔY_i に応じたデータDiの重み係数を決定する。

【0097】上記重み係数は、図17に示すように、例えば、中心を1.0、周辺を0.0とする放物線状で、X方向の重み係数 f_x とY方向の重み係数 f_y の積を、そのデータDiの重み係数としている。また、重み係数が0.0以上となるX方向、Y方向の範囲は、三次元ウィンドウWD3Aの幅、高さと同じとするか、あるいは、これらより大きくする。

【0098】各データDiに対して、上記重み係数を掛けた後、最小自乗法を用いて、以下の(9)、(10)式に示す水平方向及び垂直方向の直線式を導出し、パラメータa, b, c, dを求め、これを新しい直線要素Ldの候補とする。

【0099】

..... (9)

..... (10)

【0101】道路形状判定部114では、各区間について、左右両方の直線要素Ldの候補について、水平方向及び垂直方向の平行度から妥当性を判定する。その判定の結果、妥当と判定した場合には、両方を新しい直線要素Ldの候補として採用し、一方、左右いずれかの直線要素Ldの候補が正確でないと判定した場合には、直線要素Ldの代用、補完を行なう。そして、求められた各直線要素Ldのパラメータを道路・立体物パラメータ記憶部130に出力する。

【0102】具体的には、まず、左側の直線要素Ldに対する(9)式のパラメータ(以下、左側を表すL、右側を表すRを各パラメータに付加して示す)aLと、右側の直線要素Ldに対する(9)式のパラメータaRとの差異から、水平方向の平行度を調べ、設定値(例えば、5°程度)以上の場合には、左右いずれかの直線要素Ldは不正確であると判定する。同様にして、パラメータcRとパラメータcLの差異から垂直方向の平行度を調べ、設定値(例えば、1°程度)以上の場合には、いずれかの直線要素は不正確であると判定する。



【0103】この判定の結果、水平方向及び垂直方向いずれの平行度も条件を満たす場合には、両方が新しい直線要素として採用されるが、左右いずれかの直線要素Ldが不正確と判定されると、左右の各々の直線要素Ldの候補と先に推定した道路形状の位置とを比較し、ずれ量が少ない方を新しい直線要素Ldとして採用し、他方は棄却して候補なしとする。

【0104】そして、平行度の判定により左右いずれかの直線要素Ldが候補なしとされた場合、あるいは、道路上の白線が破線状であったり、障害物に隠れて見えないうえにデータが不足して左右いずれかの直線要素Ldが候補なしと判定された場合には、検出された側の直線要素Ldを車線の幅だけ並行移動して代用する。さらに、左右両方の直線要素Ldが候補なしの場合には、先に推定した道路形状の直線要素Ldを代用する。これにより、部分的に直線要素の検出失敗や誤検出が起こっても、全体としては安定した道路形状が得られるのである。

【0105】図18は、道路検出部110によって検出された道路形状を図式化した説明図あり、左右の白線に沿って直線要素が検出されている。前方の車輦に隠れて見えない部分も、上述したように補完することによって良好に推定される。尚、左右の直線要素の間の横線は、各区間の境界である。

10

*

$$H = Y - Y_r$$

高さHが0.1m程度以下の被写体は、道路上の白線や汚れ、影などであり、走行の障害になる物体ではないと考えられるため、この被写体のデータは棄却する。また、車輦の高さより上にある被写体も、歩道橋や標識などと考えられるので棄却し、道路上の障害となる立体物のデータのみを選別する。これにより、二次元の画像上で物体が道路などと重なり合っている場合、道路表面からの高さによってデータを区別し、物体のみを検出できる。

【0111】次に、このようにして抽出された立体物のデータに対して、予め設定された距離Zの区間に含まれるデータの個数を数え、距離Zを横軸とするヒストグラムを作成する。図20は先行車輦500を検出物体とするヒストグラムである。

【0112】設定する距離Zの区間の長さや区間の個数は、距離Zの検出限界や精度および検出対象の物体の形状などを考慮して決定する必要がある。例えば高速道路の走行を対象にする場合には、区間長さは、10m前方では約1.5m、100m前方では約15m程度にすると良い。

【0113】上記ヒストグラムにおいては、入力される距離画像中の距離データには、誤って検出された値も存在するので、実際には物体の存在しない位置にも多少のデータが現れる。しかし、ある程度の大きさの物体があると、その位置の度数は大きな値を示し、一方、物体が

50

*【0106】次に、物体認識部120における物体検出部121、三次元ウインドウ発生部122、及び、物体輪郭像抽出部123の各機能を詳細に説明する。

【0107】物体検出部121では、ステレオ画像処理装置20からの距離画像を格子状に所定の間隔（例えば、8～20画素間隔）で区分し、各領域毎に、走行の障害となる可能性のある立体物のデータのみを選別し、その検出距離を算出する。

【0108】図19は、車輦1から前方風景を撮像した明暗画像の上に、格子状の領域を設定した説明図であり、実際には、図9の距離画像を、このように区分する。本実施例では、12画素間隔で33個の小領域に区分する。すなわち、画像を多数の領域に分割して物体を探すことにより、複数の物体を同時に検出することができるようにしている。

【0109】各領域における被写体は、画像上の座標(i, j)と距離データZから、前述の(3)、(4)式を使って実空間の三次元位置(X, Y, Z)が算出され、さらに、先に検出した道路形状の式(10)を使って、距離Zに於ける道路表面の高さYrが計算される。被写体の道路表面からの高さHは、次の(11)式で計算することができる。

【0110】

$$(11)$$

何も存在しない場合には、誤った距離データのみによって発生する度数は小さな値となる。

【0114】従って、作成されたヒストグラムの度数が、予め設定した判定値以上かつ最大値をとる区間があれば、その区間に物体が存在すると判断し、度数の最大値が判定値以下の場合には、物体が存在しないと判断することにより、画像のデータに多少のノイズが含まれている場合においても、ノイズの影響を最小限にして物体を検出できる。

【0115】物体が存在すると判断されると、検出された区間と、その前後に隣接する区間に含まれている立体物のデータの距離Zの平均値を計算し、この値を物体までの距離と見なす。

【0116】このような物体までの距離検出の処理を全領域について行なった後、各領域の物体の検出距離を調べ、隣接する領域において物体までの検出距離の差異が設定値以下の場合には同一の物体と見なし、一方、設定値以上の場合には別々の物体と見なす。

【0117】具体的には、まず、左端の領域AR1を調べ、物体が検出されている場合には、それを物体S1、距離をZ1とする。次に右隣の領域AR2を調べ、物体が検出されていない場合には、物体S1は領域AR1の内部とその近辺に存在し、その距離はZ1と判定し、物体が検出され、その検出距離がZ2である場合には、距離Z1とZ2の差を調べる。

【0118】そして、距離Z1とZ2の差が設定値以上の場合は、領域AR2で検出された物体は、先に検出された物体S1とは異なると判定し、新たに物体S2、距離Z2とし、さらに右隣の領域を調べて行く。

【0119】一方、距離Z1とZ2の差が設定値以下の場合には、領域AR2で検出された物体は、先に検出された物体S1であると判定し、その距離はZ1とZ2の平均値とし、さらに右隣の領域を順次調べて行き、連続して物体S1があると判定されれば、距離と存在領域を更新してゆく。

【0120】従来、二次元の画像上で物体の周囲に遠方の背景が写っている場合には物体のデータだけを抽出することは困難であったが、本発明では、以上のような処理を左端の領域AR1から右端の領域AR33まで行なって距離の値によってデータを区別することにより、複数の物体とその距離、存在領域を背景と区別して検出することができ、さらには、二次元の画像上で複数の物体が重なり合って写っている場合においても、各々の物体の距離の違いによって、それらを区別して検出できるのである。

【0121】尚、上記設定値は、自動車を検出する場合には4m～6m程度、歩行者を検出する場合には1m～2m程度にすると良いことが実験的に得られている。

【0122】図21は、以上の処理で検出した物体の存在領域を枠線で示したものであり、この例では3個の物体が検出されている。尚、図の下側の数値は各物体の検出距離である。

【0123】三次元ウインドウ発生部122では、上記物体検出部121で検出された各々の物体について、図22に示すような三次元空間で、検出物体（先行車輛）500を包含する直方体状の第2の三次元空間領域すなわち第2の三次元ウインドウWD3B（以下、単に三次元ウインドウWD3Bとする）を設定し、この設定した三次元ウインドウWD3Bが、二次元の画像上でどのように見えるかを計算し、ウインドウ輪郭線の内側を二次元ウインドウWD2Bとして、この中のデータのみを検出対象とする。

【0124】上記物体検出用の三次元ウインドウWD3Bの横幅は、物体の存在領域より左右に1領域分だけ拡張した範囲とする。これは、ある領域に物体の左右端の一部分のみが掛かっている場合には、その物体はヒストグラム上で大きな値とならず、別の物体が検出される可能性があるため、このような場合を考慮してウインドウの範囲を拡大しておくものである。

【0125】また、三次元ウインドウWD3Bの距離Z方向の長さは、その物体の検出距離におけるヒストグラムの区間長さを、その検出距離の前後に加えた範囲とする。三次元ウインドウWD3Bの下端は、道路表面の高さに約0.1mを加えた位置とし、上端は物体検出のために区分した各領域の上端とする。

【0126】尚、物体検出用の三次元ウインドウWD3Bから物体検出用の二次元ウインドウWD2Bを求める処理は、先に道路検出部110の三次元ウインドウ発生部112において説明した処理と同様である。

【0127】図23は、先に図21で示した3個の検出物体の内の1個について、二次元ウインドウWD2Bを設定した例を示したものである。

【0128】物体輪郭像抽出部123では、上記二次元ウインドウWD2B内の各データを順次サーベイし、三次元ウインドウWD3Bに含まれるデータのみを選別し、検出した物体の輪郭像を抽出する処理を行ない、検出物体の位置、速度、加速度など自車との位置関係量を検出するとともに、衝突の危険性を判断する。

【0129】すなわち、まず、物体毎に二次元ウインドウWD2B内の各データを順次サーベイし、距離データを持っている画素について、前述の(3)、(4)式を用いて三次元位置(X, Y, Z)を計算した後、距離や高さの値が三次元ウインドウWD3Bの範囲内にあるデータのみを抽出し、他は棄却する。

【0130】このようにして抽出したデータを、二次元の画像上に投影して表示すると図24のようになる。さらに、これらのデータの外形を線で連結すると、図25に示すような物体の輪郭像が得られる。この輪郭像の左右端および上端の画像上での座標(i, j)を検出し、続いて、その物体の検出距離Zと(3)、(4)式を用いて、三次元空間での物体の左右端と上端の位置を算出すると、左右端の位置から物体の横幅が求まり、上端の位置から物体の高さが求まる。図25においては、幅1.7m、高さ1.3mの物体と判別できる。

【0131】また、物体の左右端の中心位置(X, Z)を計算し、これの距離Zの時間的な変化から、自車（車輛1）から見た物体の前後方向の相対速度が算出され、また、位置Xの左右方向の時間的な変化から左右方向の相対速度が算出される。さらに、速度センサ3から入力される自車の走行速度に物体の相対速度を加算すると、道路面に対する物体の走行速度が算出され、この走行速度の時間変化から各物体の加速度が算出される。

【0132】続いて、検出した各物体の位置と先に検出した道路の車線の位置を比較し、その物体が自車線上にあるのか、あるいは左右の車線上にあるのか、或いは道路外にあるのかを調べ、それぞれに分類する。例えば、前方を複数の車輛が走行し、さらに、道路がカーブしている場合には、その道筋に沿って各物体の位置を比較し、自車線上で最も手前に存在する物体を先行車輛と判断し、その物体までの距離を車間距離とする。

【0133】そして、各物体の検出された位置と前後方向及び左右方向の走行速度と加速度から各物体の数秒後の位置を推定し、同時に、自車は検出した道路の車線あるいは現在の操舵角に従って走行すると仮定して自車

輛のそれぞれの位置を比較し、衝突の可能性を判断する。

【0134】以上のようにして求められた各物体の位置、形状、速度、加速度、衝突の可能性などのパラメータは、道路・立体物パラメータ記憶部130に出力され、記憶される。

【0135】[動作]次に、ステレオ画像処理装置20による距離情報の算出、及び、道路・立体物検出装置100の動作について説明する。

【0136】まず、ステレオ画像処理装置20では、図26に示すフローチャートのステップS101で左右のCCDカメラ11a、11bによって撮像した画像を入力すると、ステップS102で、入力した画像をA/D変換した後、LUT32a、32bで補正し、画像メモリ33a、33bに記憶する。

【0137】これらの画像メモリ33a、33bに記憶される画像は、CCDカメラ11a、11bのCCD素子の全ラインのうち、その後の処理に必要なラインのみであり、例えば0.1秒に1回の割合（テレビ画像で3枚に1枚の割合）で書き換えられる。

【0138】次に、ステップS103へ進むと、左右画像用の画像メモリ33a、33bから入力バッファメモリ41a、41b、42a、42bへ、共通バス80を介して、例えば4ラインずつ左右画像データが読み込まれ、読み込んだ左右画像のマッチング、すなわち一致度の評価が行なわれる。

【0139】その際、左右の画像毎に、上記画像メモリ33a、33bから上記入力バッファメモリ41a、41b、42a、42bへの読み込み動作と、シフトレジスタ43a、43b、44a、44bに対する書き込み動作とが交互に行なわれる。例えば、左画像では、画像メモリ33aから一方の入力バッファメモリ41aに画像データが読み込まれている間に、他方の入力バッファメモリ41bからシフトレジスタ43bへ読み込んだ画像データの書き出しが行なわれ、右画像では、画像メモリ33bから一方の入力バッファメモリ42aに画像データが読み込まれている間に、他方の入力バッファメモリ42bからシフトレジスタ44bへ読み込んだ画像データの書き出しが行なわれる。

【0140】そして、図27に示すように、上記シフトレジスタ43a、43b、44a、44bには、左右の4×4画素の小領域の画像データ(1,1)…(4,4)が保存され、一方のシフトレジスタ43a(44a)には1、2ラインのデータが、もう一方のシフトレジスタ43b(44b)には3、4ラインのデータが、それぞれ1画素毎に奇数ライン、偶数ラインの順序で入る。

【0141】上記各シフトレジスタ43a、43b、44a、44bは、それぞれが独立した転送ラインを持ち、4×4画素のデータは例えば8クロックで転送され

る。そして、これらのシフトレジスタ43a、43b、44a、44bは、8段のうちの偶数段の内容を同時にシティブロック距離計算回路45に出力し、シティブロック距離Hの計算が始まると、右画像のデータはシフトレジスタ44a、44b内に保持されて、クロック毎に奇数ライン、偶数ラインのデータが交互に出力され、一方、左画像のデータはシフトレジスタ43a、43bに転送され続け、奇数ライン、偶数ラインのデータが交互に出力されつつ、2クロック毎に1画素分右のほうにずれたデータに置き換わっていく。この動作を、例えば100画素分ずれるまで(200クロック)繰り返す。

【0142】その後、一つの小領域に対する転送が終了すると、#2アドレスコントローラ87内の左画像用アドレスカウンタに右画像用アドレスカウンタの内容(次の4×4画素の小領域の先頭アドレス)がセットされ、次の小領域の処理が始まる。シティブロック距離計算回路45では、図28のタイミングチャートに示すように、まず、ピラミッド型構造初段の絶対値演算器に8画素分のデータを入力し、左右画像の輝度差の絶対値を計算する。すなわち、右画素の輝度から対応する左画素の輝度を引き算し、結果が負になった場合、演算命令を変えることにより、引く方と引かれる方を逆にして再び引き算を行なうことにより、絶対値の計算を行なう。従って、初段では引き算を2回行なう場合がある。

【0143】次いで、初段を通過すると、2段目から4段目までの第1ないし第3加算器で二つの同時入力データを加算して出力する。そして、最終段の総和加算器で二つの連続するデータを加え合わせて総和を計算し、必要とする16画素分のシティブロック距離Hを2クロック毎に最小・最大値検出部50へ出力する。

【0144】次に、ステップS104へ進み、上記ステップS103で算出したシティブロック距離Hの最大値HMAX、最小値HMINを検出する。前述したように、この最大値HMAXの検出と最小値HMINの検出とは、互いに論理が逆になることと、ずれ量を保存しないこと以外は、全く同じであるため、以下、代表して最小値HMINの検出について説明する。

【0145】まず、最初に出力されてきたシティブロック距離H(ずれ量 $\delta=0$)が、図7に示す最小値検出回路51のCラッチ53を介して、演算器46のBレジスタ46bに入力される。次のクロックで出力されてきたシティブロック距離H(ずれ量 $\delta=1$)は、Cラッチ53と演算器46のAレジスタ46aとに入れられ、演算器46では、同時に、Bレジスタ46bとの比較演算が始まる。

【0146】上記演算器46での比較演算の結果、Bレジスタ46bの内容よりもAレジスタ46aの内容の方が小さければ、次のクロックのときに、Cラッチ53の内容(すなわちAレジスタ46aの内容)がBレジスタ46bに送られ、このときのずれ量 δ がDラッチ55に

10

20

30

40

50

保存される。このクロックで同時に、次のシティブロック距離H（ずれ量 $\delta=2$ ）がAレジスタ46aとCラッチ53に入れられ、再び比較演算が始まる。

【0147】このようにして、計算途中での最小値が常にBレジスタ46bに、そのときのずれ量 δ がDラッチ55に保存されながら、ずれ量 δ が100になるまで計算が続けられる。計算が終了すると（最後のシティブロック距離Hが出力されてから1クロック後）、Bレジスタ46bとDラッチ55の内容はずれ量決定部60に読み込まれる。

【0148】この間に、前述したシティブロック距離計算回路45では次の小領域の初期値が読み込まれ、時間の無駄を生じないようにしており、一つのシティブロック距離Hを計算するのに、例えば4クロックかかるが、パイプライン構造をとっているため、2クロック毎に新たな計算結果が得られる。

【0149】ステップS105では、上記ステップ104でシティブロック距離Hの最小値HMIN、最大値HMAXが確定すると、ずれ量決定部60にて、前述した3つの条件がチェックされ、ずれ量 δ が決定される。

【0150】すなわち、図29のタイミングチャートに示すように、Bバス62bを介して最小値HMINが演算器61のBレジスタ72にラッチされるとともに、このBレジスタ72の値と比較されるしきい値HaがAバス62aを介してAレジスタ71にラッチされる。そしてALU70で両者が比較され、しきい値Haよりも最小値HMINの方が大きければ、スイッチ回路65がリセットされ、以後のチェックの如何に係わらず常に0が出力されるようになる。

【0151】次に、Aレジスタ71に最大値HMAXがラッチされ、このAレジスタ71にラッチされた最大値HMAXとBレジスタ72に保存されている最小値HMINとの差が計算されて、その結果がFレジスタ73に出力される。次のクロックでAレジスタ71にしきい値Hbがラッチされ、Fレジスタ73の値と比較される。Aレジスタ71にラッチされたしきい値HbよりもFレジスタ73の内容の方が小さければ同様にスイッチ回路65がリセットされる。

【0152】次のクロックからは、隣接画素間の輝度差の計算が始まる。輝度データが保存されている2組のシフトレジスタ64a、64bは10段構成であり、それぞれ、シティブロック距離計算部40の1、2ライン用のシフトレジスタ44aと、3、4ライン用のシフトレジスタ44bの後段に接続されている。上記シフトレジスタ64a、64bの出力は最後の段とその2つ手前の段から取り出され、それぞれが、Aバス62aとBバス62bとに出力される。

【0153】輝度差の計算が始まる時、上記シフトレジスタ64a、64bの各段には小領域中の各場所の輝度データが保持されており、初めに前回の小領域の第4

行第1列の輝度データと、今回の小領域の第1行第1列の輝度データとが、演算器61のAレジスタ71とBレジスタ72とにラッチされる。

【0154】そして、Aレジスタ71の内容とBレジスタ72の内容の差の絶対値が計算され、結果がFレジスタ73に保存される。次のクロックでAレジスタ71にしきい値Hcがラッチされ、Fレジスタ73の値と比較される。

【0155】上記演算器61での比較結果、Aレジスタの内容（しきい値Hc）よりもFレジスタ73の内容（輝度差の絶対値）のほうが大きければ、上記スイッチ回路65からずれ量 δ あるいは“0”が出力され、Aレジスタの内容よりもFレジスタ73の内容のほうが小さければ“0”が出力されて、出力バッファメモリ66a、66bの該当する小領域の第1行第1列に当たる位置に書き込まれる。

【0156】上記演算器61で隣接画素間の輝度差としきい値Hcとの比較が行なわれている間に、シフトレジスタ64a、64bは1段シフトする。そして今度は、前回の小領域の第4行第2列と、今回の小領域の第1行第2列の輝度データに対して計算を始める。このようにして小領域の第1列、第2列に対し交互に計算を行なった後、第3列、第4列に対して同様に計算を進める。

【0157】計算中は、シフトレジスタ64a、64bの最終段と最初の段がつながってリングレジスタになっており、小領域全体を計算した後にシフトクロックが2回追加されるとレジスタの内容が計算前の状態に戻り、次の小領域の輝度データが転送され終わったときに、最終段とその前の段に今回の小領域の第4行のデータが留められる。

【0158】このように、ずれ量決定のための計算中に次のデータをAバス62a、Bバス62bに用意したり、結果の書き込みを行なうため、計算に必要な2クロックのみで一つのデータが処理される。この結果、初めに行なう最小値HMIN、最大値HMAXのチェックを含めても、例えば43クロックで全ての計算が終了し、一つの小領域に対して、シティブロック距離Hの最小値HMIN、最大値HMAXを求めるのに要する時間は十分に余裕があり、さらに機能を追加することも可能である。

【0159】そして、ずれ量 δ が決定されると、ステップS106で、出力バッファメモリ66a、66bからデュアルポートメモリ90へ、ずれ量 δ を距離分布情報として出力し、ステレオ画像処理装置20における処理が終了する。

【0160】この出力バッファメモリ66a、66bは、前述した入力バッファメモリ41a、41b、43a、43bと同様、例えば4ライン分の容量があり、2組の一方に書き込んでいる間にもう一方から上記デュアルポートメモリ90へ距離分布情報を送り出す。

【0161】上記デュアルポートメモリ90へ書き込ま

れた距離分布情報からは、CCDカメラ11、12の取付け位置と焦点距離などのレンズパラメータとから、各画素に対応する物体のXYZ空間における三次元位置を算出することができ、情報量の低下なく車外の対象物までの距離を正確に検出することができる。

【0162】次に、ステレオ画像処理装置20のタイミングについて、図30に示すタイミングチャートに従って説明する。

【0163】まず初めに、同期を取っている左右のCCDカメラ11a、11bからのフィールド信号を0.1秒毎(3画面に1画面の割合)に、画像メモリ33a、33bに書き込む。

【0164】次に、取り込み終了信号を受けて、4ライン毎のブロック転送が始まる。この転送は、右画像、左画像、結果の距離分布像の順に3ブロック転送する。

【0165】この間に、一方の入出力バッファメモリに対してずれ量 δ の計算が行われる。そして、ずれ量 δ の計算時間を考慮し、所定時間待機してからもう一方の入出力バッファメモリに対して転送を始める。

【0166】一つの右画像の4×4画素の小領域に対するシティブロック距離Hの計算は、左画像について100画素ずらしながら計算するため、100回行われる。一つの領域のシティブロック距離Hが計算されている間に、その前の領域のずれ量 δ が各チェックを経て距離分布として出力される。

【0167】処理すべきライン数を200とすると4ライン分の処理を50回繰り返すことになり、計算の開始時に最初のデータを転送するための4ライン分の処理時間、計算終了後に最後の結果を画像認識部に転送するための4ライン分の処理時間と、計8ライン分の処理時間がさらに必要となる。

【0168】最初の入力画像ラインの転送を開始してから最後の距離分布を転送し終わるまでの時間は、実際の回路動作の結果、0.076秒である。

【0169】次に、道路・立体物検出装置100の動作について、道路検出部110の動作を図31～図34のフローチャートに従って、また、物体認識部120の動作を図35～図37のフローチャートに従って説明する。

【0170】道路検出部110では、まず、道路形状推定処理を行なう。すなわち、図31のステップS201で、前回(Δt sec前)の道路形状パラメータを読み込むと、次いで、ステップS202へ進み、車速センサ3の出力信号V、舵角センサ4の出力信号 η を読み込む。

【0171】次に、ステップS203へ進むと、上記ステップS202で読み込んだ車速センサ3の出力信号と舵角センサ4の出力信号 η を使って Δt 秒間の車輦1の動きを算出し、ステップS204で、 Δt 秒後の車輦1の位置から見た道路形状を推定して道路形状パラメータを修正する。

【0172】以上の道路形状推定処理が終わると、三次元ウインドウ発生処理へ移行し、ステップS205で、道路

モデルの第1区間R1の左側の直線要素Ldのパラメータ(a, b, c, d)を読み込むと、ステップS206で、この直線要素Ldを中心とする三次元ウインドウWD3Aを設定する。

【0173】その後、ステップS207へ進み、上記ステップS206で設定した三次元ウインドウWD3Aから二次元画像上での二次元ウインドウWD2Aを設定し、次のステップS208以降へ進む。

【0174】ステップS208～ステップS217は、直線要素検出処理であり、ステップS208で、二次元ウインドウWD2A内のデータを読み込むと、ステップS209で、各データの三次元位置を計算し、ステップS210で、距離Zの値が三次元ウインドウWD3Aの長さの範囲内にあるデータを選別する。

【0175】そして、ステップS211へ進み、先に推定した道路形状の直線要素Ldと被写体の三次元位置を比較してX方向、Y方向の位置のずれ量 ΔX 、 ΔY を計算し、ステップS212で、これらのずれ量 ΔX 、 ΔY が、三次元ウインドウWD3Aの幅、高さの範囲内にあるデータのみを選別し、他は除外する。

【0176】その後、ステップS213へ進み、上記ステップS212で計算したX方向、Y方向のずれ量 ΔX 、 ΔY に応じて、そのデータの重み係数を決定し、各データに、ずれ量 ΔX 、 ΔY に応じた重み係数を付加する。

【0177】次に、ステップS214へ進むと、最小自乗法を用いて水平方向(XZ平面)および垂直方向(YZ平面)の直線式を導出し、パラメータ(a, b, c, d)を求め、これを新しい直線要素Ldの候補とする。

【0178】そして、ステップS215で、道路モデルの右側のラインの直線要素Ldの候補が求められたか否かを調べ、その結果がNOの場合には、ステップS216で、右側の直線要素Ldのパラメータを読み込んで前述のステップS206へ戻り、結果がYESの場合には、ステップS217へ進む。

【0179】ステップS217では、求めた直線要素Ldの候補が最終区間の右側のものであるか否かを調べ、最終区間でない場合には、ステップS218で、次の区間の左側の直線要素Ldのパラメータを読み込んで、前述のステップS206へ戻り、同様の処理を繰り返す。

【0180】一方、上記ステップS217で、求めた直線要素Ldの候補が最終区間の右側のものであり、道路モデルを構成する全ての直線要素Ldの候補を求め終えた場合には、上記ステップS217からステップS219以降へ進み、道路形状判定処理を実行する。

【0181】すなわち、ステップS219で、第1区間R1の直線要素Ldのパラメータを読み込むと、ステップS220で、左右の直線要素Ldの水平方向の平行度を調べて、その妥当性を判定し、ステップS221で、左右の直線要素Ldの垂直方向の平行度を調べ、その妥当性を判定する。

【0182】その後、ステップS222へ進み、上記ステップS220、S221における判定結果、左右いずれかの直線要素が妥当でないと判定された場合、あるいは、道路上の白線が破線状であったり、障害物に隠れて見えないためにデータが不足して、左右いずれかの直線要素の候補がない場合に対し、検出された側の直線要素を車線の幅だけ並行移動して代用することにより、欠落する直線要素を補完し、ステップS223へ進む。

【0183】尚、左右両方の直線要素が無しの場合には、先に推定した道路形状の直線要素を代用する。

【0184】ステップS223では、最終区間か否かを調べ、最終区間でない場合には、ステップS224で、次の区間の左右の直線要素Ldのパラメータを読み込んで前述のステップS220へ戻り、最終区間の場合には、ステップS223からステップS224へ進んで、各直線要素Ldのパラメータを出力用メモリ100eへ書き込んで処理を終了する。

【0185】次に、物体認識部120の動作について説明する。まず、物体検出処理のため、ステップS301で道路形状パラメータを読み込むと、ステップS302で、ステレオ画像処理装置20からの距離画像を格子状の領域に区分し、ステップS303で、最初の領域のデータを読み込む。

【0186】次に、ステップS304へ進んで、領域内の最初のデータをセットすると、ステップS305で、被写体の三次元位置(X, Y, Z)、すなわち距離と高さを算出し、ステップS306で、距離Zに於ける道路表面の高さを算出し、ステップS307で、道路面より上にあるデータを選別する。

【0187】そして、ステップS308へ進んで最終データか否かを調べ、最終データでない場合、ステップS309で領域内の次のデータをセットすると、前述のステップS305へ戻って処理を繰り返し、最終データの場合にはステップS308からステップS310へ進む。

【0188】ステップS310～ステップS315は、物体検出処理であり、ステップS310で、ヒストグラムを作成すると、ステップS311で、このヒストグラムの度数が判定値以上で、かつ最大値となる区間を検出し、ヒストグラムの度数が判定値以上で、かつ最大値となる区間が検出された場合、ステップS312で、その区間に物体が存在すると判断し、その物体までの距離を検出する。

【0189】そして、ステップS313で、最終領域か否かを調べ、最終領域でない場合には、ステップS314で、次の領域のデータを読み込み、前述のステップS304へ戻って同様の処理を続行し、最終領域である場合には、ステップS315へ進み、各物体の距離と存在領域の検出を終了し、ステップS316～S318の三次元ウインドウ発生処理へ進む。

【0190】ステップS316では、最初の物体のパラメータをセットし、次いで、ステップS317で、三次元ウイン

ドウWD38の下端の高さ及び距離範囲を設定し、ステップS318で、この三次元ウインドウWD38に基づいて二次元ウインドウWD2B形状を算出してステップS319へ進む。

【0191】ステップS319以下は、物体輪郭抽出処理であり、まず、ステップS319で、二次元ウインドウWD2B内のデータを読み出すと、ステップS320で、被写体の三次元位置を算出し、ステップS321で、三次元ウインドウWD38内に含まれるデータを選別して抽出する。

【0192】その後、ステップS322へ進み、上記ステップS321で抽出したデータを二次元の画像上に投影すると、ステップS323で、各データを線分で連結して輪郭像を作成する。続いて、ステップS324で、物体の形状、寸法、位置、速度を算出し、ステップS325で、道路の車線と物体との位置関係を算出する。

【0193】そして、ステップS326で、最終物体か否かを調べ、最終物体でない場合には、ステップS327で次の物体のパラメータをセットして前述のステップS317へ戻り、最終物体である場合には、ステップS328へ進んで、各物体の位置、形状、速度、加速度、衝突の可能性等のパラメータを出力用メモリ100eに書き込み、処理を終了する。

【0194】〔第2実施例〕図38は、本発明の第2実施例を示し、道路形状の直線要素のパラメータを算出する際に、ハフ変換を用いた処理を示すフローチャートである。

【0195】ハフ変換は、ノイズの多い画像から安定して直線式を導出できる手法として一般的に利用されているものであるが、この第2実施例では、前述した第1実施例の図33の直線要素検出処理に対し、ステップS212で、三次元ウインドウWD3A内にあるデータを選別すると、ステップS212からステップS2140へ進んで、各データに対し、まず、XとZの関係をハフ変換して最も確度の高い水平方向(XZ平面)の直線式を導出し、続いて、同様にYとZの関係をハフ変換して垂直方向(YZ平面)の直線式を導出する。このようにして直線式のパラメータa, b, c, dを求め、これを新しい直線要素の候補として前述のステップS215へ進む。その他の処理は、前述の第1実施例と同様である。

【0196】本発明においては、三次元ウインドウWD3Aを設定することによって白線以外のデータを排除するようにしているが、最小自乗法で直線式を求める前述の第1実施例の場合、白線の真上に汚れや異物が乗っていると、その影響を受けて白線の検出精度が低下するおそれがある。しかし、この第2実施例のようにハフ変換を用いることにより、安定して直線式を導出することができるのである。

【0197】〔第3実施例〕図39は本発明の第3実施例を示し、前述の第1実施例の道路・立体物検出装置100を、障害物の判定機能を付加した道路・障害物検出

10

20

30

40

50

装置200としたものである。

【0198】すなわち、道路・障害物検出装置200は、前述の第1実施例の道路検出部110、障害物検出部210、及び、出力用メモリ100eからなる進路・障害物パラメータ記憶部130から構成され、障害物検出部210は、第1実施例の物体認識部120内に、検出した物体の輪郭像の形状寸法及び位置から、物体の種類を識別する物体識別手段の機能を有する障害物判定部124を付加した構成となっている。

【0199】障害物判定部124では、物体輪郭像抽出部123で検出された各物体の形状寸法、走行速度などから、検出した物体が何であるかを判定する。例えば、横幅と高さが約2m以上であれば物体はトラックであると判定でき、横幅が1.3~2.0m、高さが2m以下であれば物体は乗用車と判定することができる。

【0200】また、横幅が0.5~1.0m、高さが2m以下であれば物体はバイクまたは歩行者と判定でき、走行速度が20km/h以上あればバイクであると判定することができる。さらに、輪郭像の横幅と高さの比や、輪郭像の全体の高さと重心点の高さの比などを用いて、物体をより詳細に識別・分類することもできる。

【0201】道路・障害物パラメータ記憶部130には、物体輪郭像抽出部123で検出された各物体の位置、形状、速度などのパラメータに加えて、障害物判定部124で判定された物体の種類のパラメータも記憶される。

【0202】この第3実施例では、障害物との衝突を予測してドライバに警報を発したりブレーキやステアリングを制御して衝突を自動回避する装置を接続することにより、現在の障害物の位置や速度の情報のみでなく、数秒後の状態をより正確に予測できる。

【0203】例えば歩行者は突然移動方向を変える可能性が高いが、一方、自動車は速度や方向を急激に変える可能性は低いなどといったように、その動き方をより正確に予測できるようになるのである。

【0204】

【発明の効果】以上説明したように本発明によれば、撮像した画像から画像全体に渡る距離分布を高速に求め、その距離分布から道路端や白線などの道路形状と周囲の立体物の三次元位置とを正確にしかも信頼性高く検出することができる。従って、走行の妨げとなる障害物の位置や動きを考慮した、より高度な障害物回避を実現することができるなど優れた効果が得られる。

【図面の簡単な説明】

【図1】図1~図37は本発明の第1実施例を示し、図1は車外監視装置の全体構成図

【図2】車輛の正面図

【図3】車外監視装置の回路ブロック図

【図4】カメラと被写体との関係を示す説明図

【図5】ステレオ画像処理装置の具体例を示す回路構成

図

【図6】シティブロック距離計算回路の説明図

【図7】最小値検出回路のブロック図

【図8】車載のCCDカメラで撮像した画像の例を示す説明図

【図9】距離画像の例を示す説明図

【図10】車輛の上面図

【図11】車輛の側面図

【図12】道路・立体物検出装置の機能ブロック図

【図13】道路モデルの例を示す説明図

【図14】三次元ウインドウの形状を示す説明図

【図15】二次元ウインドウの形状を示す説明図

【図16】直線要素とデータのずれ量を示す説明図

【図17】ずれ量と重み係数の関係を示す説明図

【図18】検出した道路形状の例を示す説明図

【図19】画像の区分方法を示す説明図

【図20】検出物体とヒストグラムの関係を示す説明図

【図21】物体の存在領域の検出結果と検出距離の例を示す説明図

【図22】物体検出用の三次元ウインドウの形状を示す説明図

【図23】物体検出用の二次元ウインドウの形状を示す説明図

【図24】物体の輪郭を構成するデータの例を示す説明図

【図25】物体の輪郭像と検出された外径寸法の例を示す説明図

【図26】ステレオ画像処理装置の動作を示すフローチャート

【図27】シフトレジスタ内の保存順序を示す説明図

【図28】シティブロック距離計算回路の動作を示すタイミングチャート

【図29】ずれ量決定部の動作を示すタイミングチャート

【図30】ステレオ画像処理装置の動作を示すタイミングチャート

【図31】図31~図34は道路検出部の動作を示すフローチャートであり、図31は道路形状推定処理のフローチャート

【図32】三次元ウインドウ発生処理のフローチャート

【図33】直線要素検出処理のフローチャート

【図34】道路形状判定処理のフローチャート

【図35】図35~図37は物体認識部の動作を示すフローチャートであり、図35は物体検出処理のフローチャート

【図36】三次元ウインドウ発生処理のフローチャート

【図37】物体輪郭像抽出処理のフローチャート

【図38】本発明の第2実施例を示し、直線要素検出処理のフローチャート

【図39】本発明の第3実施例を示し、道路・障害物検

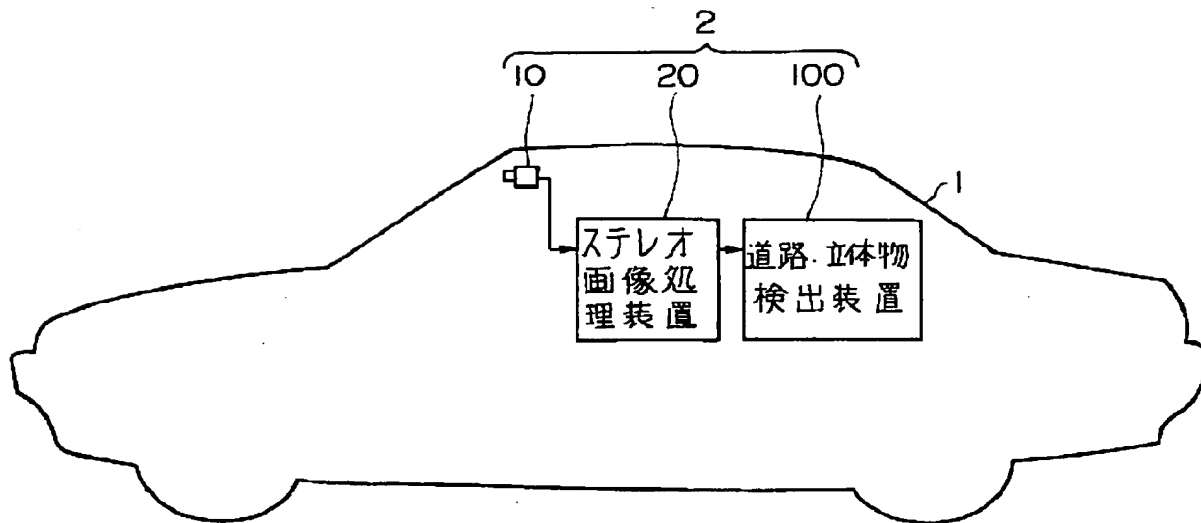
出装置の機能ブロック図

【符号の説明】

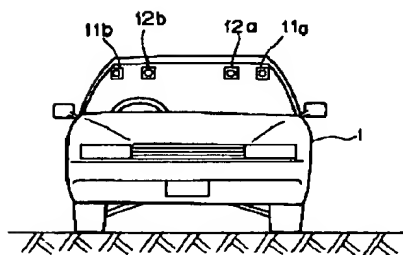
- 1 車輛
2 車外監視装置

- * 10 ステレオ光学系
20 ステレオ画像処理装置
100 道路・立体物検出装置
* 200 道路・障害物検出装置

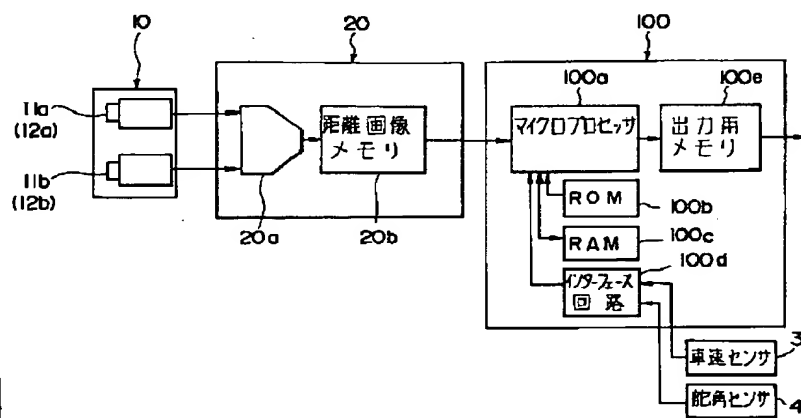
【図1】



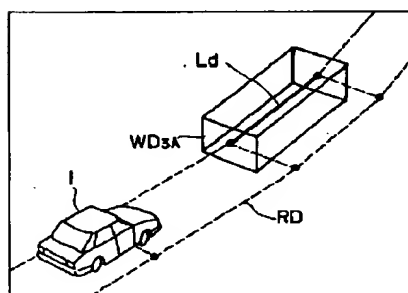
【図2】



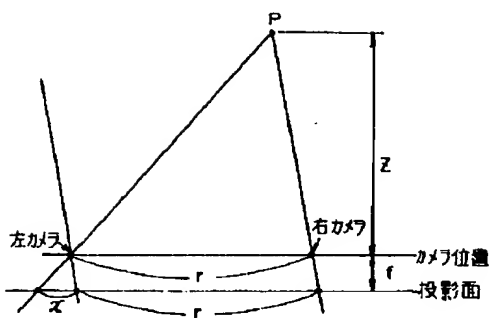
【図3】



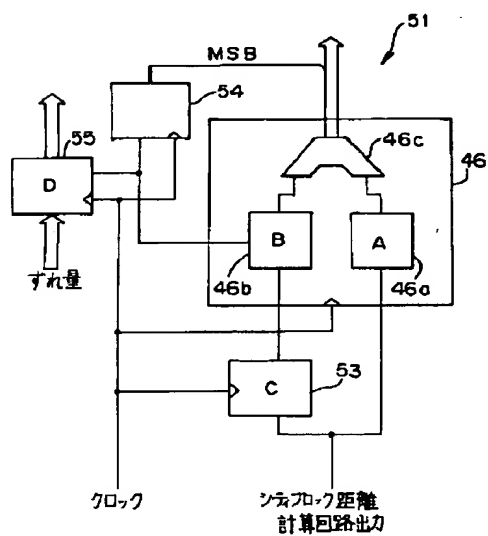
【図14】



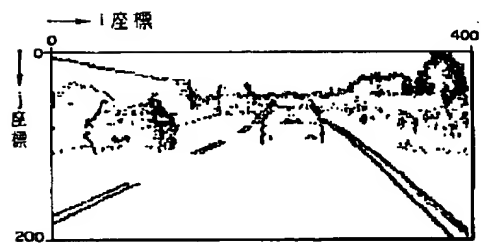
【図4】



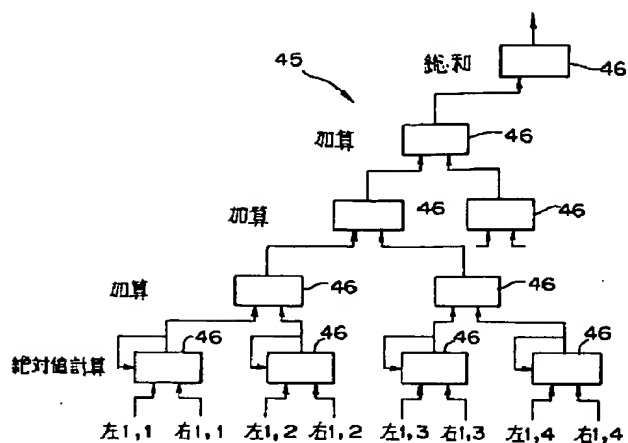
【図7】



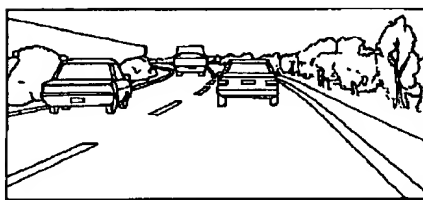
【図9】



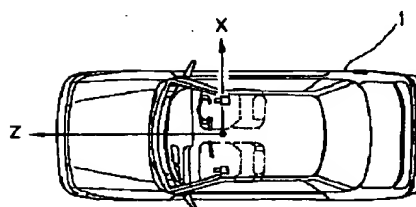
【図6】



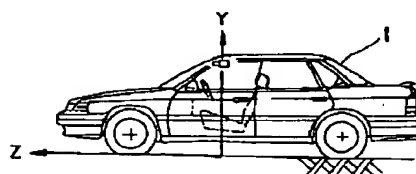
【図8】



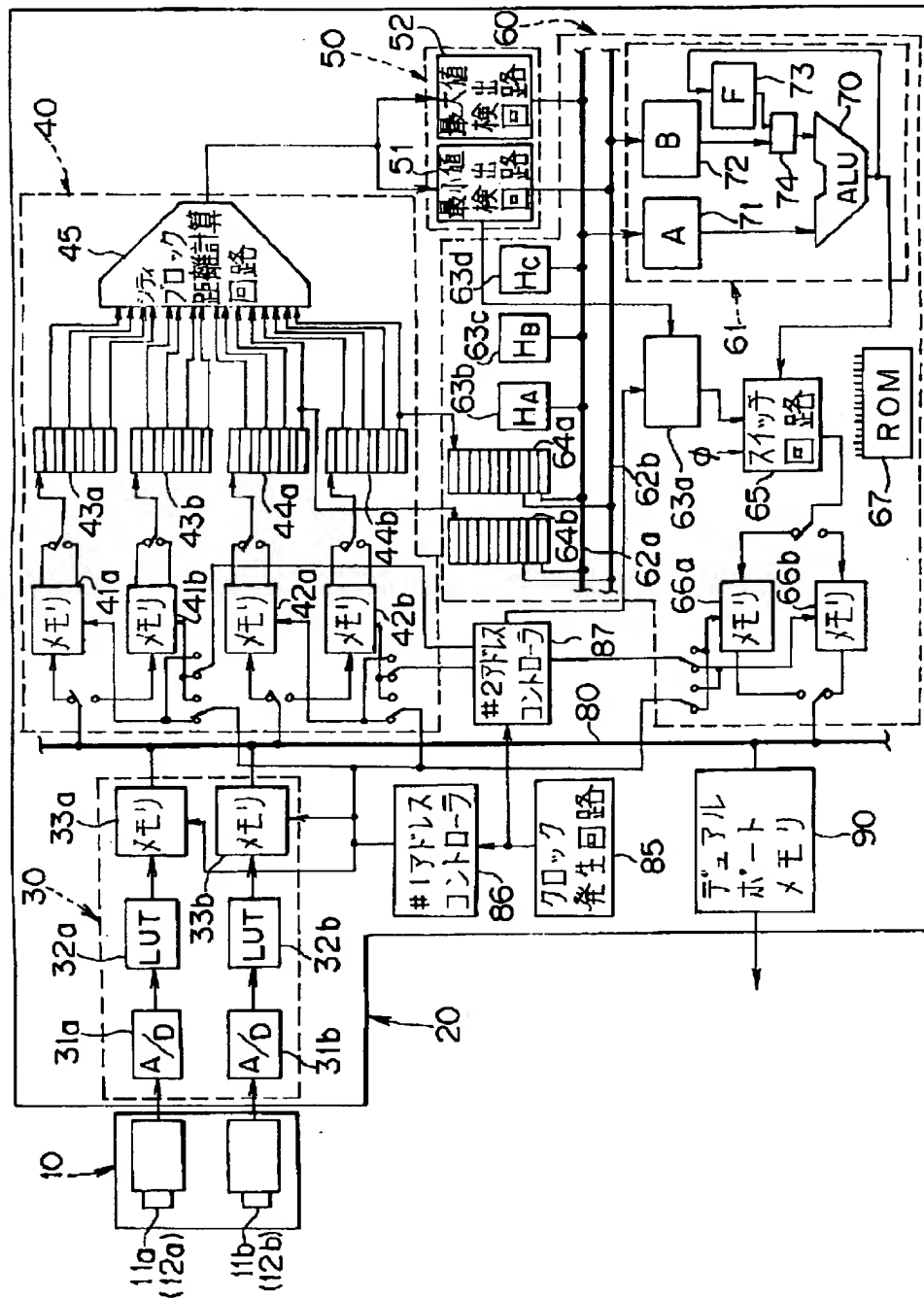
【図10】



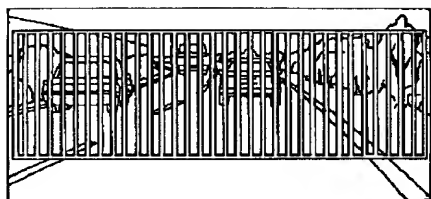
【図11】



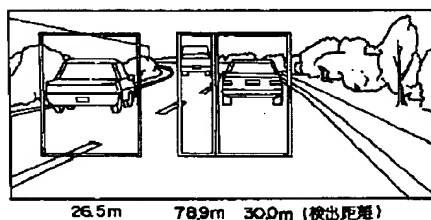
【図5】



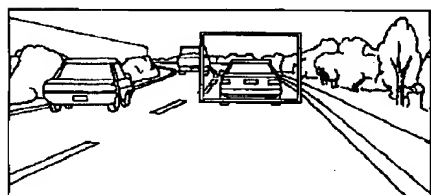
【図19】



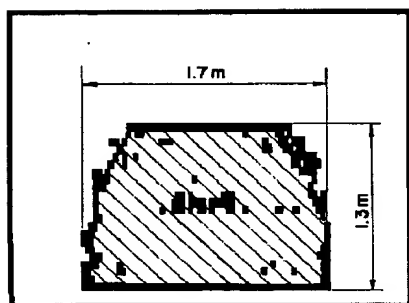
【図21】



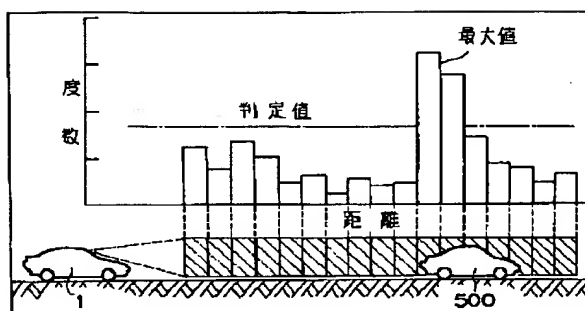
【図23】



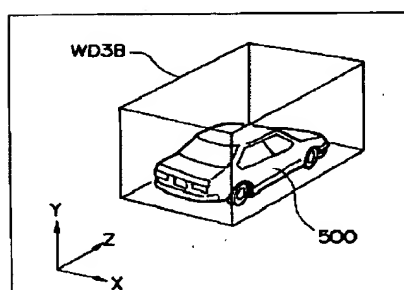
【図25】



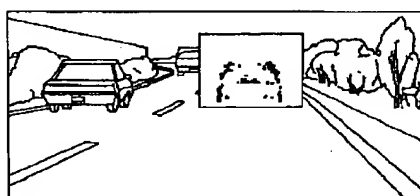
【図20】



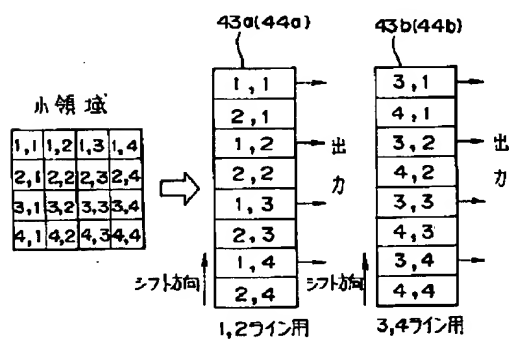
【図22】



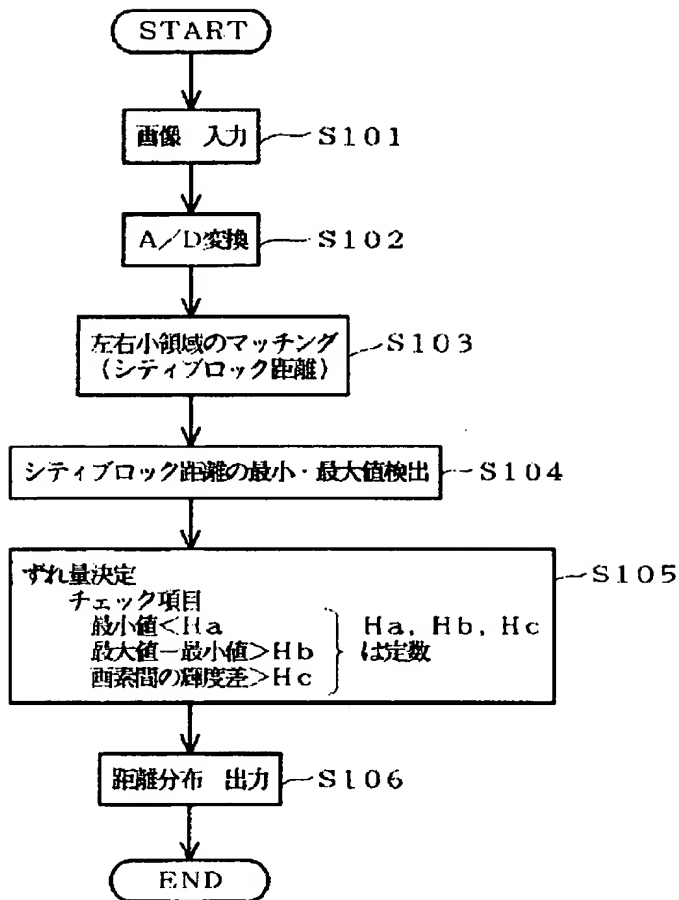
【図24】



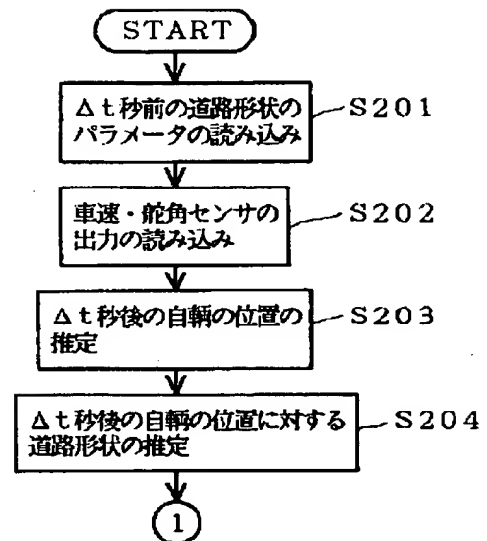
【図27】



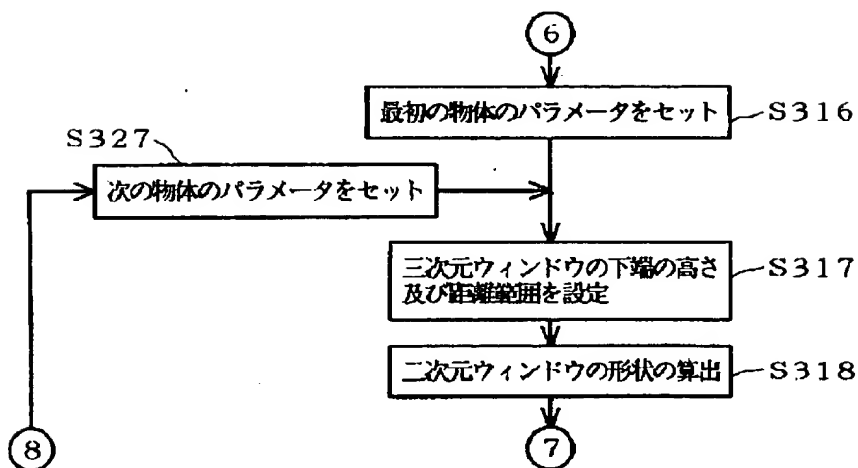
【図26】



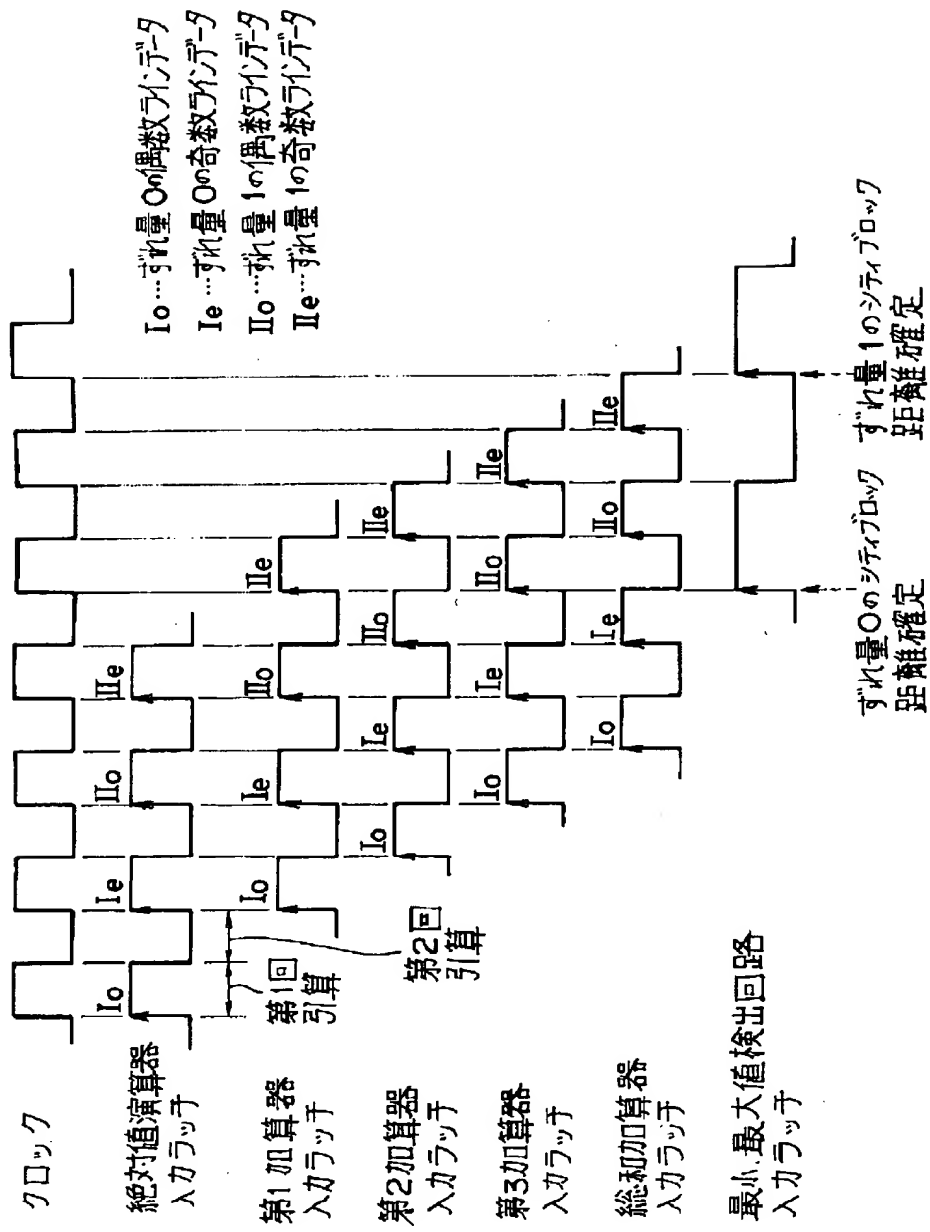
【図31】



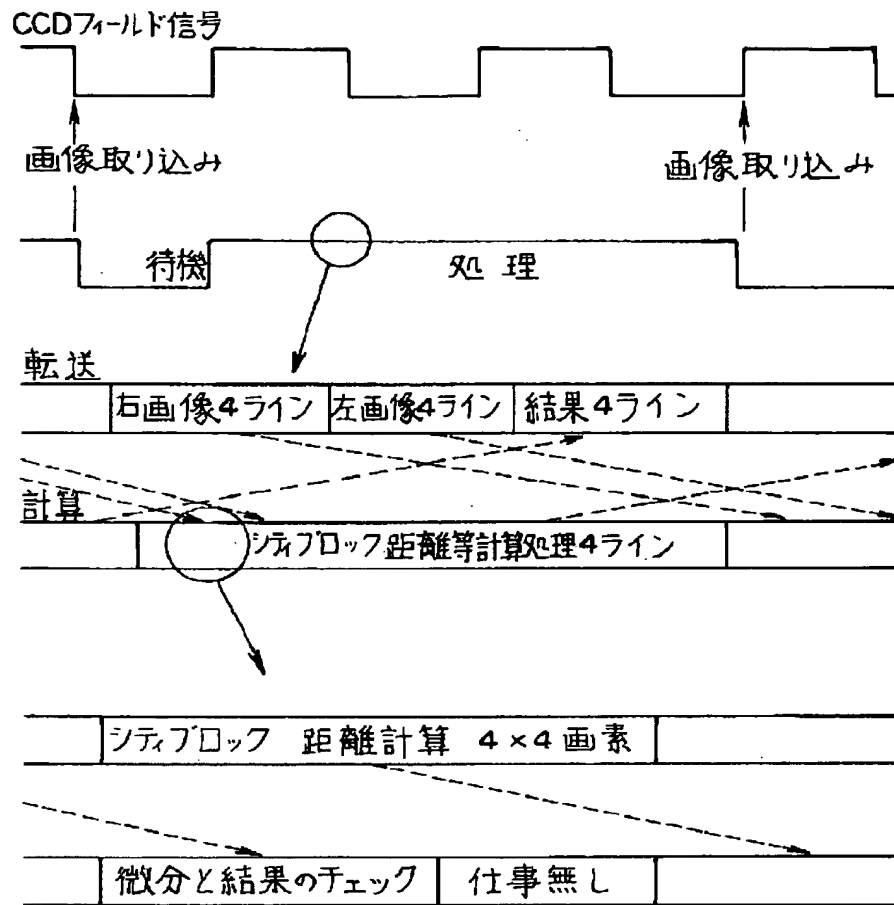
【図36】



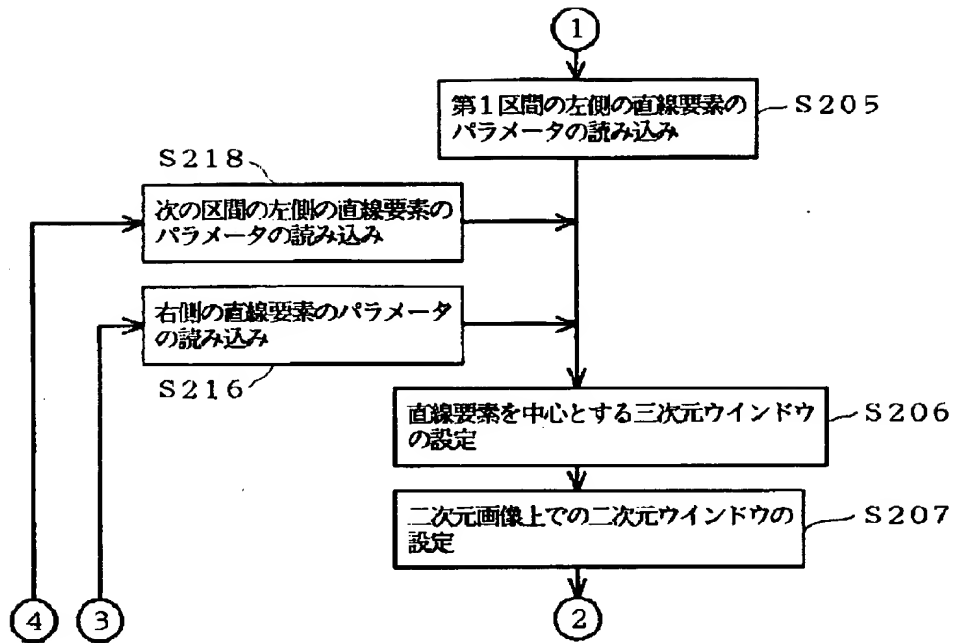
【図28】



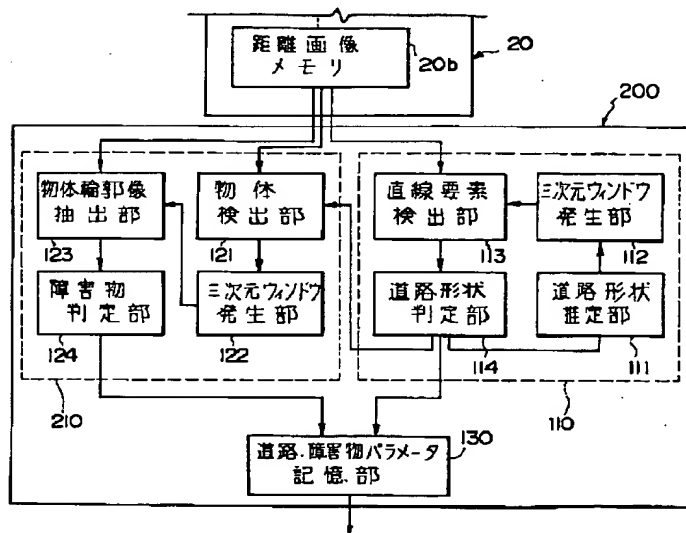
【図30】



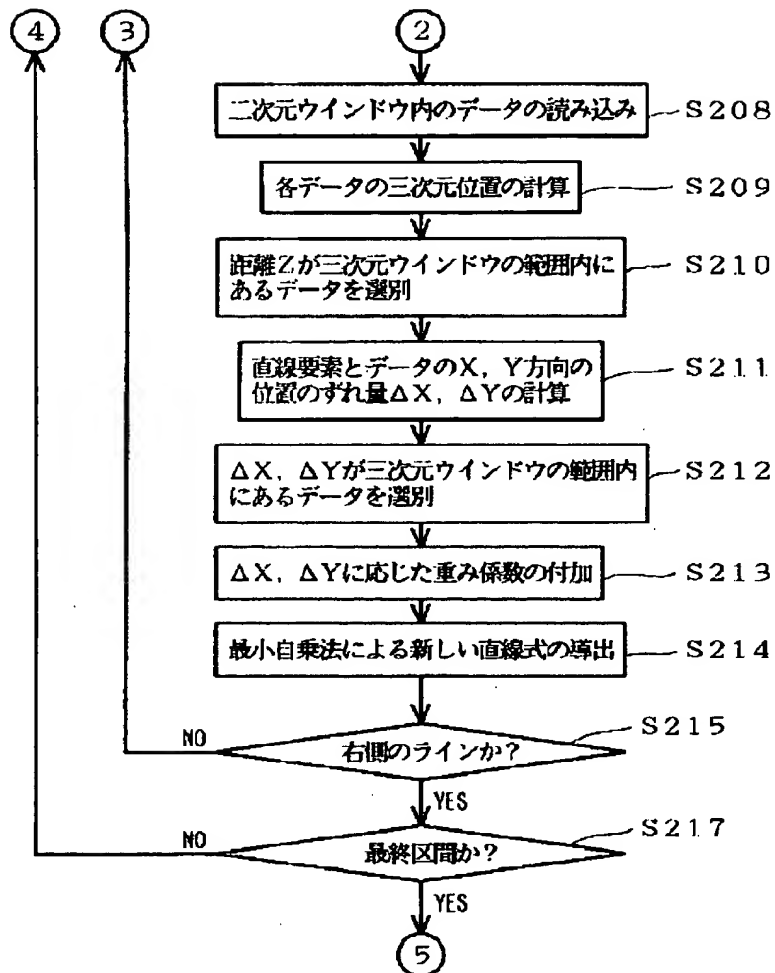
【図32】



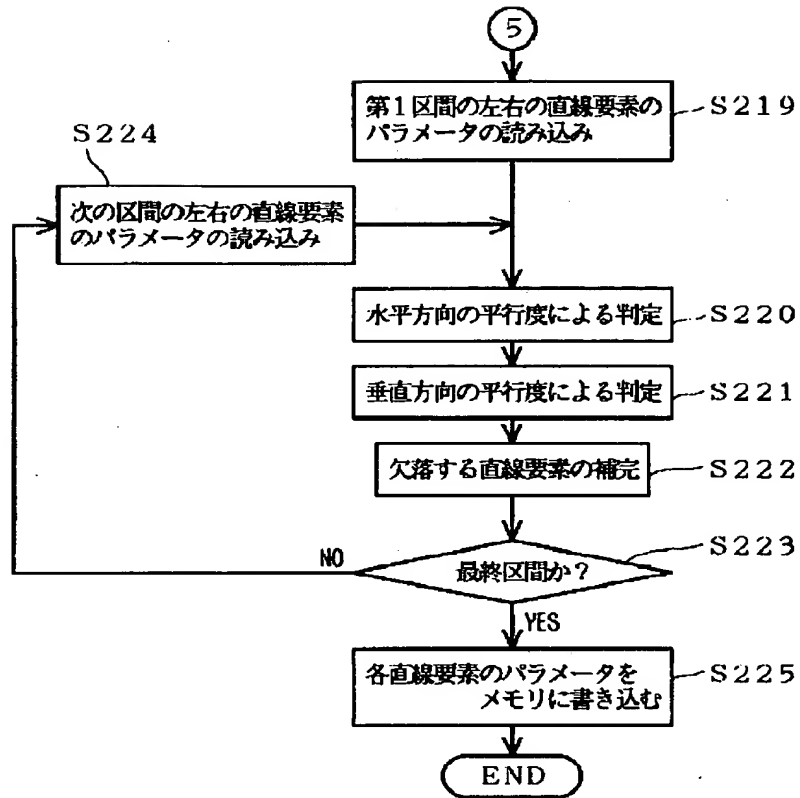
【図39】



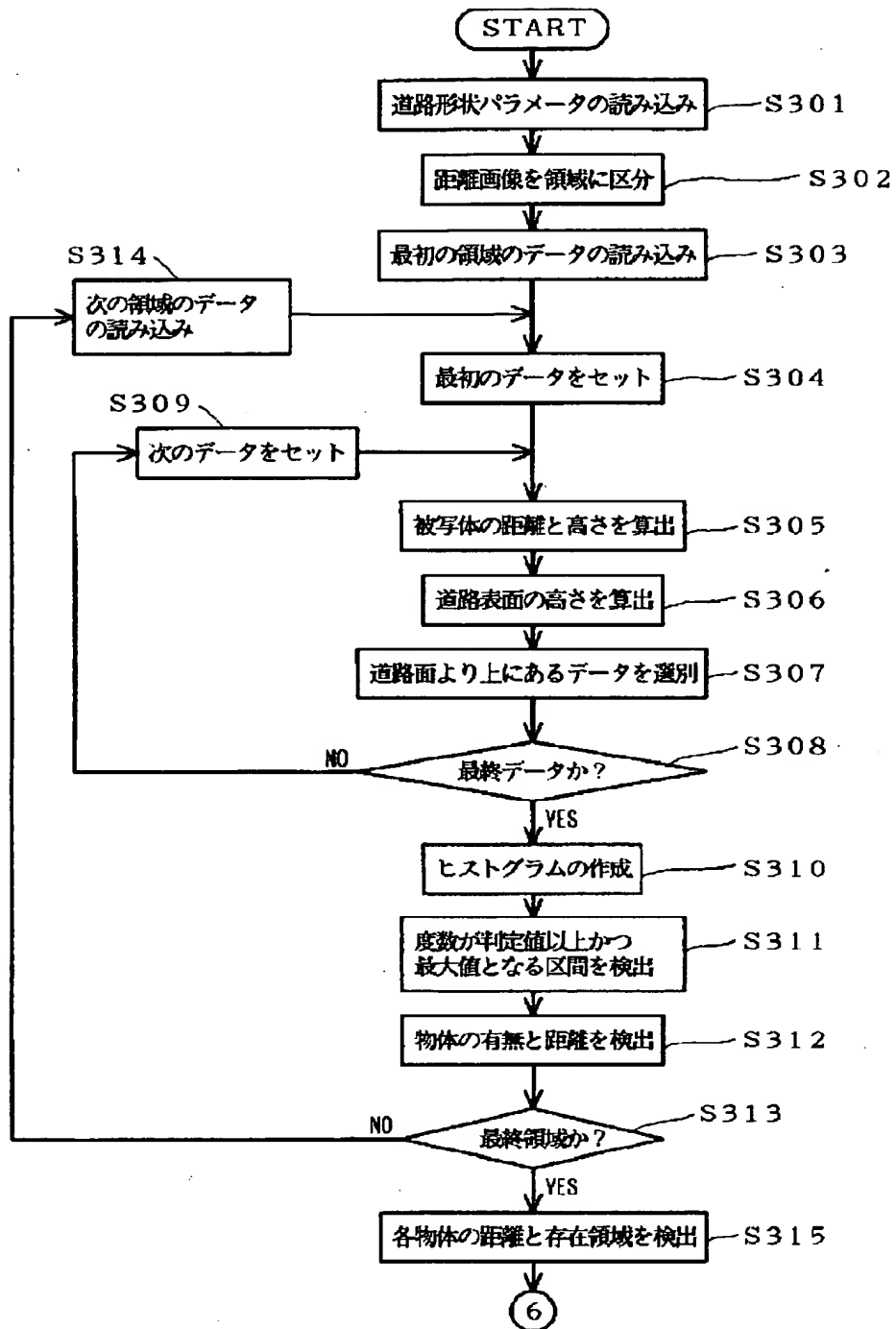
【図33】



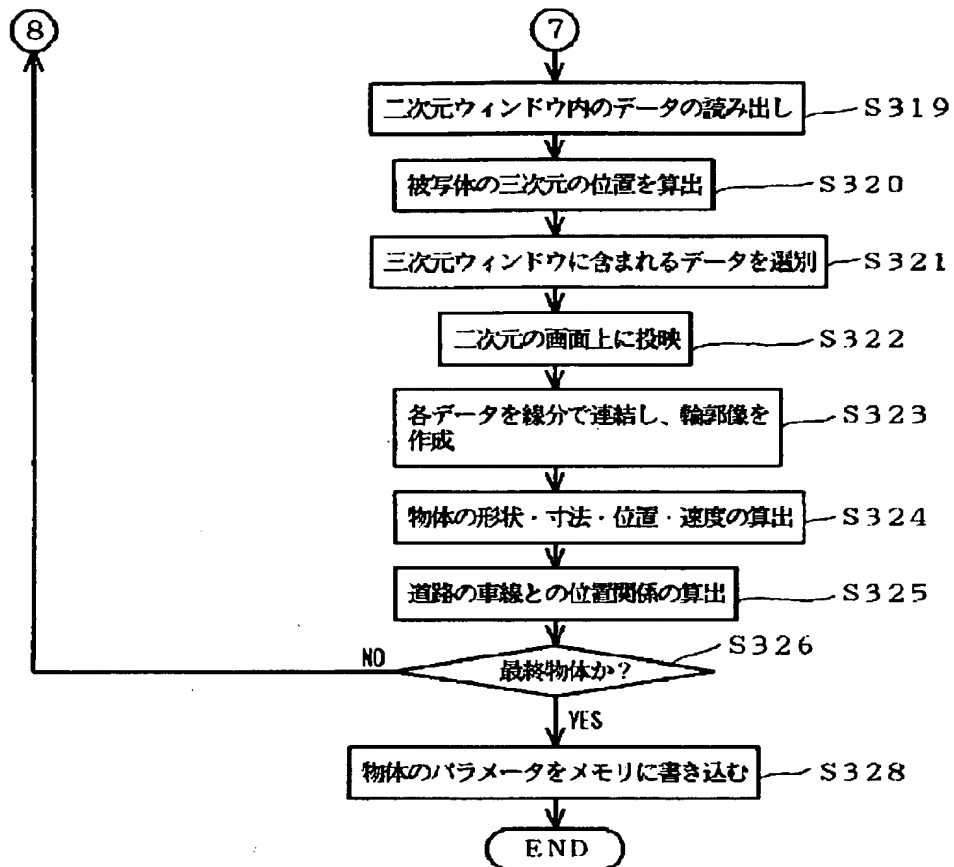
【図34】



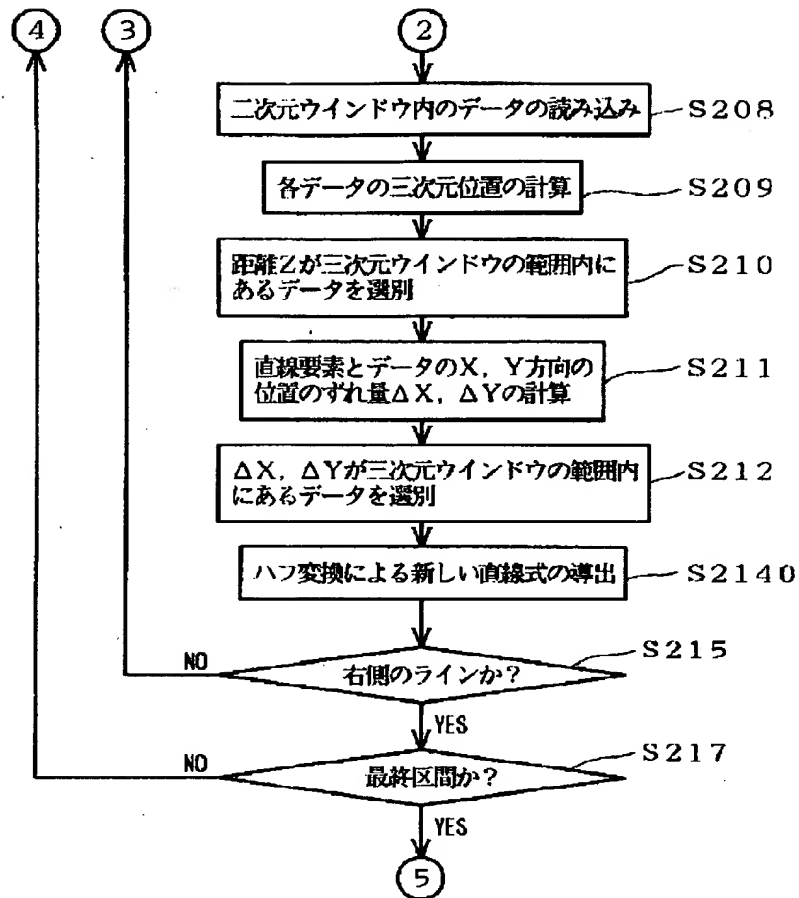
【図35】



【図37】



【図38】



フロントページの続き

(51)Int.Cl.³

G 0 8 G 1/16

識別記号

片内整理番号

F I

技術表示箇所

C 7&28-3H